

**UNIVERSIDAD DE PANAMA**

**VICERRECTORIA DE INVESTIGACION Y POSTGRADO**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE BOSQUES PARA ESTIMAR EL  
TAMANO ÓPTIMO DE PARCELA PARA MUESTREO EN BOSQUES  
HUMEDOS TROPICALES” PANAMA REPUBLICA DE PANAMA**

**POR**

**FRANCISCO RICARDO FARNUM CASTRO**

**TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR  
POR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS CON  
ORIENTACION EN BIOLOGÍA VEGETAL**

**PANAMA, REPUBLICA DE PANAMÁ**

**2009**



UNIVERSIDAD DE PANAMA  
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y TECNOLOGÍA  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS,  
OPCIÓN BIOLOGÍA VEGETAL

Título de la Tesis: "ESTUDIO COMPARATIVO DE BOSQUES PARA ESTIMAR EL TAMAÑO ÓPTIMO DE PARCELA PARA MUESTREO EN BOSQUES HÚMEDOS TROPICALES." PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ."

Nombre del Estudiante: **FRANCISCO RICARDO FARNUM CASTRO**  
Cédula N°: 8-434-996.

APROBADO POR :

Magister Jorge Mendieta  
Presidente

Profesor Alberto Taylor  
Miembro

Doctora Crisatina Garibaldi de Arcia  
Miembro

REFRENDADO POR:

REPRESENTANTE DE LA VICERRECTORIA  
DE INVESTIGACION Y POSTGRADO.

Fecha: 21 de octubre de 2009

## **DEDICATORIA**

**A mi Panamá querido como un aporte para que sus riquezas sean eternas**

**A mis hijos, para que les sirva de motivación en sus estudios**

## **AGRADECIMIENTOS**

**El autor expresa sus agradecimientos**

**A mi familia, que con comprensión me asistió con todo lo que estuvo a su alcance**

**Al Profesor JORGE MENDIETA M.Sc mi Director de Trabajo de Grado por el apoyo los conocimientos compartidos, la paciencia y la dedicación aportada.**

**A mis profesores asesores de Tesis Dr ALBERTO TAYLOR y Dra. CRISTINA GARIBALDI, quienes con mucho ahinco me ofrecieron de sus experiencias y respaldo para que este trabajo de investigación alcanzara los objetivos propuestos y dentro de las normas que exige nuestra Casa de Estudio**

**A mis compañeros de MAESTRIA, por su apoyo**

**A los participantes de las giras de colecta por su apoyo en la logística de los trabajos de campo**

**A los profesionales de extramuros que brindaron su cooperación en la revisión de este trabajo como es el caso del Dr Javier Francisco-Ortega que aun en gira de estudio dedicó tiempo para sugerir cambios mínimos y sugerencias en la redacción final de esta tesis de grado**

**A todas aquellas personas e instituciones que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo**

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	
I MARCO TEÓRICO	12
1 Antecedentes	13
2 Planteamiento del problema	18
3 Objetivos	24
4 Hipótesis del trabajo	24
II DISEÑO METODOLÓGICO	27
1 Área de estudio	27
2 Determinación de áreas y muestreo	31
3 Procesamiento de datos y tratamiento estadístico	32
III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
1 Ubicación geográfica de los sitios de muestreo	36
2 Variables ambientales	37
3 Características de los suelos	38
4 Composición florística	41
5 Evaluación de diversidad	41
6 Análisis multivariado	50
7 Estimación del tamaño mínimo deseable de muestreo	54

## ÍNDICE DE TABLAS

		Páginas
Tabla No 1	Ubicación por provincia de los sitios de muestreo	29
Tabla No 2	Características de los sitios de muestreo	36
Tabla No 3	Características ambientales de los sitios de muestreo	37
Tabla No 4	Características de los suelos de los sitios de muestreo	38
Tabla No 5	Valores obtenidos para el índice de Margalef	42
Tabla No 6	Valores obtenidos para el índice de Simpson.	44
Tabla No 7	Lista de las especies más abundantes en cada sitio de muestreo	45
Tabla No 8	Valores obtenidos para el Índice de Shannon Wiener	46
Tabla No 9	Datos de Similitud obtenidos con el análisis de similaridad	49
Tabla No 10	Matriz de datos para el análisis multivariado	51
Tabla No 11	Matriz de correlación de Pearson	52
Tabla No 12	Valores propios de las variables.	52
Tabla No 13	Significado de los primeros tres componentes principales vía Matriz de correlación	53
Tabla No 14	Número total de especies por sitio de muestreo	55
Tabla No 15	Cálculos basados en regresión no lineal y modelo de Clench	56
Tabla No 16	Porcentaje al que se alcanza el "Break Point" por sitio de muestreo	59
Tabla No 17	Numeración de parcelas necesarias para obtener representatividad en el muestreo	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Páginas
Figura No 1	Mapa de ubicación geográfica de los sitios de estudio	30
Figura No 2	Diseño de parcelas de muestreo	31
Figura No 3	Gráfica de los valores obtenidos para el índice de Margalef	43
Figura No 4	Representación Gráfica de los valores obtenidos para el índice de Simpson.	44
Figura No 5	Relación entre el número de especies y especie dominante por sitio de muestreo	46
Figura No 6	Representación gráfica de los valores obtenidos para el índice de Shannon Wiener	47
Figura No 7	Dendrograma para al análisis de cluster de Bray-Curtis	50
Figura No 8	Curvas acumulativas de especies por sitio	55
Figura No 9	Estimadores de riqueza de especies	58
Figura No 10	Método para establecer el 'Break Point' en curvas acumulativas de especies.	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

		<b>Páginas</b>
<b>Anexo A</b>	<b>Base de datos de los 14 sitios de muestreo</b>	<b>76</b>
<b>Anexo B</b>	<b>Pantalla de captura de datos para el programa de cálculo del porcentaje requerido de muestreo según los datos dados</b>	<b>77</b>
<b>Anexo C</b>	<b>Mapa de tipos de suelo segun nivel de nutrientes</b>	<b>79</b>
<b>Anexo D</b>	<b>Mapa de zonas de vida segun Holdridge de la republica de Panamá.</b>	<b>83</b>



## **RESUMEN**

Este estudio se llevó a cabo en 14 sitios debidamente georreferenciados y clasificados como bosques húmedos tropicales de la república de Panamá. El objetivo del estudio es determinar el tamaño óptimo de la parcela de colecta que se requiere para obtener muestras representativas que sirvan de patrón de comparación y validación en estudios de bosques húmedos tropicales. Para cada uno de los sitios de muestreo se ubicaron fajas de sección transversal de 1 km de longitud por 10 m de anchura (total una hectárea por faja). Las fajas se subdividieron en 10 parcelas rectangulares consecutivas de 100 m x 10 m cada una (1000 m<sup>2</sup>/parcela). Se numeraron e identificaron taxonómicamente los árboles de 10 cm o más de diámetro a la altura del pecho. Las cinco variables de respuesta analizadas fueron la riqueza de especies, abundancia de especies, zonas de vida, tipo de bosques, y composición química de suelo. Se hicieron cálculos estadísticos para comparar índices de diversidad alfa, análisis de componentes principales y la curva de acumulación de especies en función del área de la parcela, con el propósito de determinar el número de réplicas (subparcelas de 1000 m<sup>2</sup>) que se requieren para lograr la representatividad en este tipo de bosque. A la luz de esta investigación, se observó que los bosques de este estudio presentaron características muy similares entre sí como las siguientes: son bosques muy variados en su composición florística, los inventarios en bosques húmedos de Panamá, aportan aproximadamente 79 especies arbóreas por hectárea trabajada, se presenta un alto patrón de dominancia de una especie, las condiciones de temperatura y precipitación no afectan notablemente en el porcentaje de diversidad que se observa entre los diferentes sitios de estudio. Sin embargo, las condiciones del suelo y la altura, representan factores que pueden condicionar el comportamiento de la diversidad para los bosques húmedos de Panamá. Los datos obtenidos nos llevan a sugerir que es posible obtener muestras representativas de la flora de los bosques húmedos de Panamá, a partir de colectas que alcancen por lo menos 0.45 ha.

**Palabras claves:** bosques húmedos tropicales, métodos multivariados, tamaño de parcela, diversidad, curva acumulativa de especies

## **INTRODUCCIÓN**

De acuerdo con los planes de conservación de nuestros bosques, los inventarios florísticos son de vital importancia para conocer las características de los bosques

A pesar que en el istmo de Panamá se han realizado innumerables trabajos de investigación sobre la flora local las metodologías usadas no son similares en lo concerniente al tamaño del área muestreada. Lo anterior se convierte en un verdadero problema al momento de realizar comparaciones, ya que los resultados expresados no se corresponden en proporciones por la variación de las áreas estudiadas

Dada la importancia del inventario florístico para el desarrollo de estrategias de manejo y conservación éste debe realizarse atendiendo a niveles de precisión establecidos optimizando tiempo tamaño y costos. En este contexto se destacan como importantes tareas de investigación la determinación del tamaño óptimo de sitio y del número de unidades de muestreo necesarias para lograr un grado de precisión determinado

En el presente trabajo se busca evaluar diversos tamaños de sitio de muestreo a fin de contribuir al desarrollo de un método óptimo de inventario comparando el número de especies localizadas versus áreas muestreadas. Además de proponer un tamaño óptimo de parcela de muestreo previo a una comparación de los diferentes bosques estudiados en cuanto al número de árboles número de especies, índices de biodiversidad y similitud

## **I. MARCO TEÓRICO**

## **I MARCO TEÓRICO**

### **1 ANTECEDENTES**

Los bosques tropicales son de importancia capital para la conservación de la diversidad biológica ya que ellos sostienen comunidades biológicas muy complejas. En términos de estructura y diversidad de especies, estos bosques albergan el 70 por ciento de las especies de animales y plantas del mundo (Wills 2006). Considerando solamente especies arbóreas, los bosques tropicales son extremadamente diversos y pueden llegar a contener más de 200 especies de árboles por hectárea (Lugo 1997, Patiño 1997, Taylor 2004).

Los ecosistemas boscosos tropicales satisfacen los principales requerimientos de las comunidades de seres vivos, incluyendo a las poblaciones humanas que allí habitan. Entre los servicios que el bosque presta se puede destacar: alimentos, madera, fibras, medicinas, proteína animal, regulación del clima y del agua, lo cual los convierte en un recurso de gran valor para el hombre como base de sostenibilidad para la vida (Pimentel et al. 1997, FAO 1999).

A fines del siglo XX, se estimaba un área próxima a las 3 500 millones de hectáreas de bosques a nivel mundial, lo cual representa casi el 27 % del total de la superficie de la Tierra. De esta superficie total, 2 000 millones de hectáreas se encuentran en los países en vías de desarrollo, principalmente en regiones tropicales y subtropicales (FAO 1997).

De aquí la importancia de desarrollar estudios que apoyen los programas de conservación de los bosques en estos países

La superficie boscosa original del planeta es desconocida, sin embargo se calcula que en los últimos 8 000 años, se ha perdido cerca del 40% de ésta, lo cual representa aproximadamente unos 6 000 millones de hectáreas (Laarman & Sedjo 1992)

A pesar de su importancia, los bosques tropicales son afectados como consecuencia del desarrollo humano descontrolado. Los seres humanos son la fuerza principal de cambio en el mundo transformando la tierra para proporcionar el alimento, el refugio y otros productos para su uso. La transformación de la tierra afecta muchos de los sistemas físicos, químicos, y biológicos del planeta y directamente afecta la capacidad del planeta de seguir proporcionando los bienes y servicios de los cuales dependen la población humana. Los bosques no escapan de este efecto y uno de los cambios más devastadores ha sido la deforestación (Halffter et al. 2001, Huston, 2005, Miller et al., 2007)

La deforestación es la pérdida permanente de cobertura boscosa para el desarrollo de la agricultura, pastizales, nuevos asentamientos humanos, infraestructura y embalses. La deforestación tropical se reconoce como uno de los problemas ambientales más importantes que enfrenta el mundo en la actualidad, con serias consecuencias económicas y sociales de largo plazo. Esta deforestación, que en gran parte fue ignorada por los países desarrollados y los habitantes urbanos de los países en vías de desarrollo hasta los años 1980s, ha recibido mucho más atención en los últimos años. La mayor parte de la

pérdida de la superficie boscosa es consecuencia directa de la intervención humana en el siglo XX (Achard 2002 Fearnside 2003,Lindsey 2004 ESA, 2005)

Los bosques y las comunidades de seres vivos que habitan en ellos siempre han mantenido una relación estrecha y dependiente la cual está basada en la supervivencia. A pesar que los seres humanos forman parte de esta relación, el sentido de protección y aprovechamiento ordenado de los recursos de los bosques ha cambiado hacia una situación de su uso incontrolado con la idea errónea que los mismos son ilimitados Pero ahora nos estamos dando cuenta que los bosques sí tienen límites y que ya es tiempo de regresar al anterior equilibrio (SCBD 2002 Falcucci et al 2007)

Es necesario establecer políticas de investigación que permitan un mejor estudio y comprensión de las relaciones de los diferentes tipos de bosques a fin de desarrollar planes de manejo y conservación que garanticen la continuidad sostenible de los ecosistemas.

Dada la importancia del inventario de árboles para el desarrollo de estrategias de manejo éste debe realizarse atendiendo a niveles de precisión establecidos optimizando tiempo y costos En este contexto la determinación del tamaño óptimo de la parcela y del número de unidades de muestreo necesarias para lograr un grado de precisión determinado destacan como importantes tareas de investigación.

Uno de los problemas ambientales que han suscitado mayor interés mundial en esta década es la pérdida de biodiversidad como consecuencia de las actividades humanas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración del hábitat) Los medios

de comunicación han impactado de tal manera que tanto el gobierno la iniciativa privada, como la sociedad en general consideran prioritario dirigir mayores esfuerzos hacia programas de conservación. La base para un análisis objetivo de la biodiversidad y su cambio reside en su correcta evaluación y monitoreo (Moreno 2001)

La pérdida de biodiversidad representa no sólo una pérdida de la potencialidad productiva, agropecuaria y forestal sino que afecta la capacidad de prestación de servicios indirectos de los ecosistemas

- protección de cuencas
- hábitat para especies animales y vegetales silvestres
- reserva de recursos genéticos para el futuro
- prevención de erosión hídrica, eólica y las inundaciones
- formación de suelos
- regulación del ciclo de los nutrientes
- regulación del clima

Cualquier estrategia de protección del medio natural debe asegurar la salvaguardia de la biodiversidad. El conjunto de los seres vivos que habita un país constituye un patrimonio insustituible porque cada especie e incluso cada población, alberga en su genoma la información de millones de años de adaptaciones evolutivas (Lobo en Moreno op cit.)

Además de los problemas tradicionales que enfrenta el estudio de la biodiversidad, están también aquellos que se derivan de la falta de sistematización de la información

obtenida y de la replicación de los resultados logrados. La información potencial relacionada con la biodiversidad es, en la práctica, infinita, tanto por su desmesurado tamaño como por la carencia de una tecnología eficiente a gran escala para la obtención y manipulación de datos biológicos básicos. A lo cual es preciso añadir la inexistencia de un auténtico mercado de expectativas (económicas, políticas y sociales) que convierta el mapa de la biodiversidad en un objeto de deseo comparable al del universo o el genoma, lo que en definitiva, reduce los recursos económicos disponibles y endurece seriamente el camino (Halfiter op cit.)

Los bosques son grandes y variables y sus componentes individuales los árboles, tienden a tener un valor relativamente pequeño. Considerando que a menudo no se pueden hacer mediciones totales, es importante que las muestras sean lo mas representativas posibles (SCBD 2002). Todo lo anterior nos lleva a que debemos procurar una uniformidad en el muestreo de los bosques a fin de que los resultados obtenidos por cada investigador puedan ser sujetos a comparaciones proporcionales para cada uno de los casos de estudio.

La obtención de una muestra representativa del bosque es una necesidad científica prioritaria, ya que de esta manera garantizamos que las áreas de estudio realmente correspondan con los intereses de información biológica y con los presupuestos de trabajo que usualmente no son fáciles de lograr.

Las opciones para probar las estimaciones de una muestra representativa podrían ser:

1. Obtener una estimación imparcial de la población a estudiar



- 2 Obtener una estimación tan exacta como sea posible para el tiempo y el dinero a gastar
- 3 Evaluar la precisión de estimación,

## **2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Uno de los problemas existentes en el manejo sostenible de los bosques tropicales precisamente es la falta de investigación sobre el tamaño y la forma del sitio de muestreo que permitan obtener las características ecológicas y productivas del sitio así como una mayor eficiencia a menor costo

Un numero de preguntas deben ser contestadas antes de determinar las características de la parcela a usarse en la determinación de una muestra representativa del bosque

- 1 ¿Qué tan grande debe ser la parcela usada?
- 2 ¿Qué forma tendrá la parcela usada?
- 3 ¿Cuál sera la orientacion de las parcelas?
- 4 ¿Cuántas parcelas serán usadas?
- 5 ¿Qué será medido u observado en cada parcela?

A pesar de lo anterior expuesto en la mayoría de los casos, los investigadores se acogen al uso de 0.1 ha como una unidad de muestreo ampliamente aceptada, pero esto nos lleva al problema que esta medida arbitraria, siendo práctica, puede no ser

representativa del bosque y de esta manera vulnerar las posibilidades de establecer patrones comparativos para situaciones similares

Si tomamos en cuenta que en muchas ocasiones al hacer el inventario de la vegetación

- Se muestrean mayormente las plantas con flores o frutos visibles
- Muchas veces las áreas de estudio se encuentran en lugares de difícil acceso
- Se colectan las muestras que están al alcance de la mano o de accesorios usados para tal fin.
- No se cuenta con un presupuesto adecuado para hacer una colecta detallada.

De estos factores, los últimos (el tiempo y el dinero) son a menudo los más críticos y con frecuencia determinan el número deseado de unidades a investigar. En muchas ocasiones, por la limitación del muestreo no ha habido la posibilidad de observar algunas especies que se han extinguido sin haber sido estudiadas o conocido siquiera. Esto nos deja con la incertidumbre acerca de la representatividad de los trabajos que se han hecho en los últimos años

“En este escenario juegan un papel esencial los organizadores de la información, mucho más que el de los propios investigadores (aunque con frecuencia, ambas condiciones son concurrentes). La información que aportan estos últimos constituye la auténtica materia prima del proceso de comprensión de la biodiversidad, pero es preciso dar un paso más para que la información pueda considerarse un producto elaborado” (Halffer et al op cit.)

Nuestros bosques tropicales han sido definidos equivocadamente, como una mezcla anárquica de especies y árboles debido a lo dificultoso que ha sido conocer su organización y su estructura regular oculta en este aparente desorden. A esto hay que añadir la ausencia de métodos prácticos y científicos que permitan con mayor certeza definir la geometría del conjunto de poblaciones y las leyes que conforman estas masas boscosas tropicales. Además, por ser los bosques tropicales sumamente complejos, tanto en su estructura como en su dinámica, se ha hecho necesario desarrollar un sistema eficiente que permita la recopilación de información precisa y sistemáticamente ordenada, que dé respuesta a la gran cantidad de interrogantes existentes (Brenes, 1990).

El tamaño de la parcela experimental para los diferentes bosques ha sido un tema de mucha discusión entre los investigadores, debido a que es una característica particular de los experimentos que puede variar según muchas variables aunque dentro de los métodos actuales se incluyen factores que son sumamente importantes de tomar en cuenta, como por ejemplo los costos que involucran para el experimento los tamaños de parcela que se usan. Lo cierto es que cuando un investigador va a planificar sus ensayos, lo ideal sería que contara con un tamaño de parcela experimental adecuado que le permitiera disminuir al máximo posible el error experimental y así poder detectar como significativas las posibles diferencias que pudieran existir entre tratamientos.

A muchos de los investigadores, cuando les llega el momento de seleccionar el tamaño que va a tener la unidad experimental de su ensayo generalmente lo que hacen es a) seguir criterios de tipo personal sin ninguna consideración ni estadística ni económica, b) revisión de literatura extranjera, lo cual no es totalmente deseable ya que el tamaño de

parcela es una característica muy local, influenciada mucho por las características de la zona donde se desarrolla el experimento. Los principales factores que influyen en el tamaño y la forma de la parcela son

- 1 extensión superficial del terreno disponible
- 2 tipo de suelo
- 3 tipo de bosque
- 4 objetivo del estudio
- 5 uniformidad del material bajo experimentación.
- 6 recursos económicos.
- 7 tipo de muestreo
- 8 grado de precisión deseado

En cuanto a la extensión superficial de la parcela, generalmente se amoldan de acuerdo al área existente en el campo. Cuando se dispone de un terreno suficientemente amplio se utiliza el tamaño de parcela necesario para que la variabilidad del error sea mínima. Cuando se cuenta con terrenos muy pequeños, se reduce el tamaño de la parcela en proporción al número de repeticiones para que los resultados tengan la confiabilidad suficiente (Chacín, 2002)

En términos generales, los tamaños de las parcelas de muestreo en los inventarios, se adoptan más por la costumbre o por simples normas basadas en el número de individuos por hectárea, que como consecuencia de procesos lógicos de optimización (Condes, 1997)

Según González Cueva (2002), el inventario forestal requiere, previamente a la toma de datos un diseño de muestreo en el que se defina el tamaño y la forma de los sitios. Un sitio de muestreo puede tener la forma de cualquier figura geométrica o incluso puede ser irregular, aun así se han definido tres formas básicas: cuadradas, circulares y rectangulares. En América del Norte, incluyendo México y en el Noroeste de Europa, para inventarios forestales son usados los sitios circulares con más frecuencia, su aplicabilidad radica en la facilidad para delimitarlos, ya que una vez establecida la posición de su centro únicamente es necesario "lanzar" radios desde éste hacia donde se encuentren los árboles; además por la forma inciden menos árboles orilla. Generalmente en México se utilizan para la gran mayoría de los bosques templados y fríos del país sitios circulares con radio 1000 m y para bosques de clima cálido – húmedo sitios rectangulares. Sin embargo para definir el tamaño y forma del sitio óptimo se deben tomar en cuenta algunas consideraciones de índole estadística, como la precisión y muchas otras de índole práctica, como la dificultad, el tiempo y costo.

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada, en algunos trabajos de inventario forestal en bosques tropicales se utilizan sitios circulares, rectangulares y/o cuadrados de diferentes dimensiones, sin explicar el motivo de elegir dichas dimensiones y forma.

La metodología de las parcelas de muestreo permanente (PMP), desarrollada por la Universidad de Oxford, ha sido una herramienta de trabajo muy útil para las condiciones de nuestros bosques tropicales. Su establecimiento ha permitido estudiar el bosque en su estado natural, prevaleciendo en los últimos tiempos como uno de los mejores instrumentos para la investigación y manejo en los bosques naturales tropicales.

Las parcelas de muestreo permanente representan un sistema ágil y ordenado de toma de datos de campo tanto aplicable a fragmentos de bosques intervenidos como bosques primarios sin intervención. A partir de su implementación y estudio podemos obtener un control preciso de los procesos naturales que nos faciliten estudiar la dinámica de las poblaciones presentes, y conocer el temperamento ecológico de las diferentes especies forestales tropicales.

Según Brenes (1995) se registran también por medio de las PMP los eventos más sobresalientes de la dinámica forestal, y pueden ser utilizadas como parcelas testigo que permiten controlar los incrementos en crecimiento de los árboles (área basal y volumen) de las especies, en caso de ser utilizadas en bosques manejados, donde se hayan aplicado diferentes tratamientos silviculturales (cortas selectivas, liberación, etc).

La importancia de la obtención de una fórmula o valor para la determinación del tamaño de una muestra representativa para cada tipo de bosque radica en que

- Se podrá obtener un índice que puede ser utilizado para comparar diferentes bosques, incluso entre diferentes países y alturas msnm.
- Se podrán aprovechar apropiadamente los recursos financieros en el desarrollo de la investigación.
- Se maximizarán las posibilidades de coleccionar la mayor cantidad de individuos representativos del área de estudio.

- Uniformar la información sobre todo referente a cómo resolver los problemas que surgen cuando hay que comparar datos provenientes de distintos países donde se han empleado métodos diferentes para establecerlos.

### **3 OBJETIVOS**

Los objetivos planteados en este estudio son

#### **GENERAL**

- Definir la superficie mínima a muestrear para obtener la representatividad árboles en bosques húmedos tropicales

#### **ESPECIFICOS**

- Comparar las características de los bosques en estudio para tomar decisiones sobre la superficie a muestrear en estudios florísticos y de descripción de bosques
- Comparar diferentes índices de diversidad para establecer criterios de relación entre tipos de bosques a fin de proponer mejores alternativas para su estudio y manejo
- Enriquecer la información sobre el estudio de la flora de Panamá.

### **4 HIPÓTESIS DE TRABAJO**

- Existe una superficie mínima deseable para obtener la representatividad de especies arbóreas según el tipo de bosque

- **No existe una superficie mínima deseable para obtener la representatividad de especies arbóreas según el tipo de bosque**



## **II- DISEÑO METODOLÓGICO**

## **II DISEÑO METODOLÓGICO**

### **1 ÁREA DE ESTUDIO**

Panamá está situada en la parte sur de América Central. Tiene fronteras con Colombia en el sureste y con Costa Rica en el oeste. El mar Caribe al norte y el océano Pacífico al sur. Su superficie total es de 75 517 km<sup>2</sup>. De este a oeste la extensión del país es de 772 km, de norte a sur su anchura oscila entre 60 y 177 km. El istmo de Panamá está situado entre 7° y 10° latitud norte y 77° y 83° longitud oeste. Panamá tiene un clima tropical y sus temperaturas son uniformemente altas, así como la humedad relativa y con poca variación estacional. Las temperaturas varían entre 21 °C y el máximo de tarde 34 °C y se tiene una media anual de 27.5 °C. Climáticamente se presentan dos épocas o temporadas: temporada seca y temporada lluviosa, pero el comportamiento de éstas no es uniforme en todo el país, por lo que se puede clasificar en tres regiones:

“Región Pacífica. se caracteriza por abundantes lluvias, de intensidad entre moderada a fuerte (2700 mm/añual), acompañadas de actividad eléctrica que ocurren especialmente en horas de la tarde. La época de lluvias se inicia en firme en el mes de mayo y dura hasta noviembre, siendo los meses de septiembre y octubre los más lluviosos dentro de esta

temporada se presenta frecuentemente un período seco conocido como “Veranillo” entre julio y agosto. El período entre diciembre y abril corresponde a la época seca. Las máximas precipitaciones en esta región están asociadas generalmente a sistemas atmosféricos bien organizados, como las ondas y ciclones tropicales (depresiones, tormentas tropicales y huracanes)

**Region Central** En esta región las lluvias se producen por lo general después del mediodía, provocadas por los flujos predominantes procedentes del Caribe o del Pacífico. Son lluvias entre moderadas y fuertes, acompañadas de actividad eléctrica y vientos fuertes. Esta región presenta la zona más continental del país, por lo que, los contrastes térmicos y orográficos juegan su papel. La temporada seca, generalmente ocurre entre los meses de diciembre a abril y la temporada lluviosa, alcanza los meses de mayo hasta finales de noviembre.

**Región Atlántica.** En esta región llueve durante casi todo el año. Entre diciembre y febrero se registran abundantes lluvias provocadas muchas de ellas por las incursiones de los sistemas frontales del hemisferio norte hacia las latitudes tropicales, en el resto del año las lluvias están asociadas a los sistemas atmosféricos tropicales que se desplazan sobre la Cuenca del Caribe, a la brisa marina y al calentamiento diurno de la superficie terrestre. (ETESA, 2008)

Políticamente nuestro país comprende nueve provincias, 75 distritos o municipios y tres comarcas indígenas con nivel de provincia (Kuna Yala, Emberá Wounaan y Ngöbe

Buglé) ya que cuentan con un gobernador comarcal dos comarcas con nivel de corregimiento (Kuna de Madungandí y Kuna de Wargandí) con los cuales completan un total de 621 corregimientos en todo el país

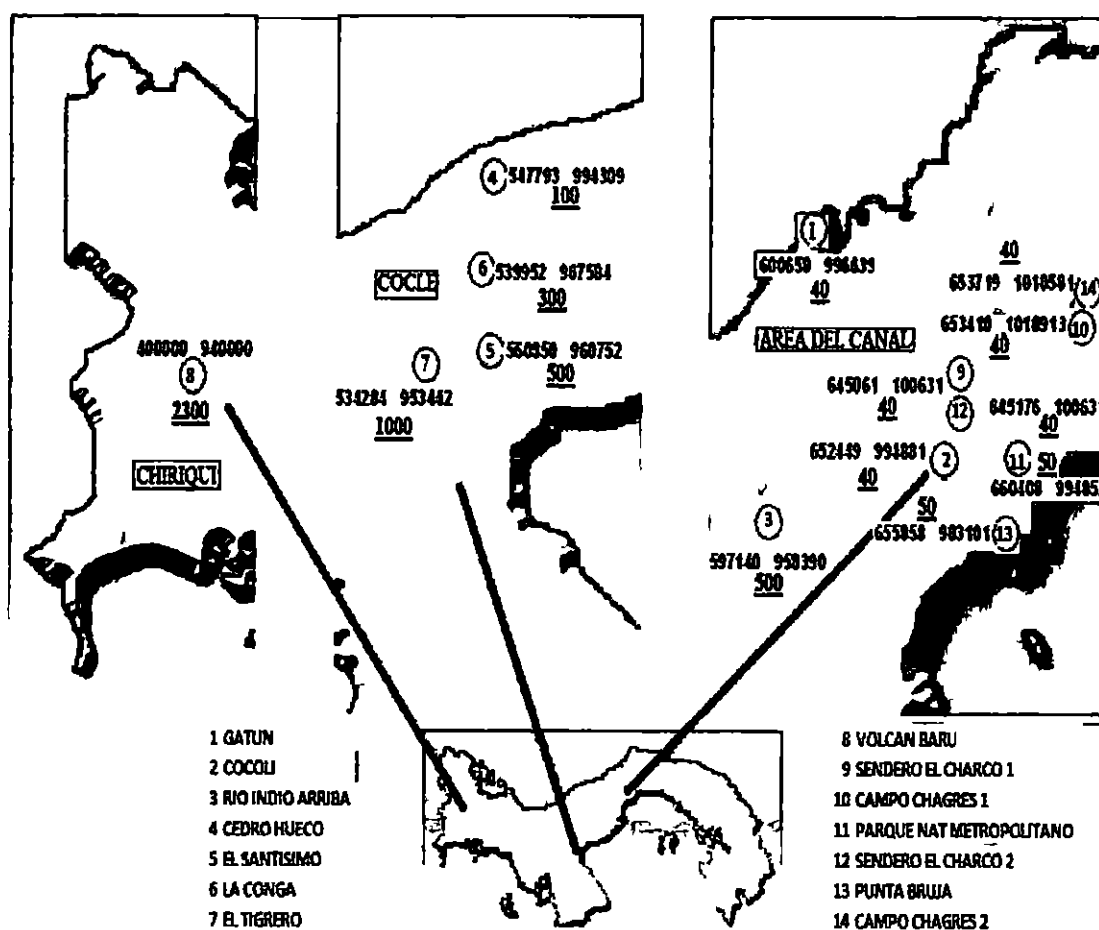
Las provincias alfabéticamente se detallan así. Bocas del Toro Chiriquí, Coclé Colón, Darién, Herrera, Los Santos Panamá, y Veraguas

Los bosques que se seleccionaron para este estudio se encuentran en las provincias de Panamá, Chiriquí, Coclé y Colón. Tabla No 1

**Tabla No 1 UBICACIÓN POR PROVINCIA DE LOS SITIOS DE MUESTREO**

<b>SITIO</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b>PROVINCIA</b>
1	BOSQUE GATÚN	COLÓN
2	BOSQUE COCOLÍ	PANAMÁ
3	RÍO INDIO ARRIBA	PANAMÁ
4	CEDRO HUECO	COLÓN
5	EL SANTÍSIMO	COCLÉ
6	LA CONGA	COCLÉ
7	CERRO EL TIGRERO	COCLÉ
8	VOLCAN BARÚ	CHIRIQUÍ
9	SENDERO EL CHARCO	PANAMÁ
10	CAMPO CHAGRES	PANAMÁ
11	PARQUE NATURAL METROPOLITANO	PANAMÁ
12	SENDERO EL CHARCO 2	PANAMÁ
13	PUNTA BRUJA	PANAMÁ
14	CAMPO CHAGRES 2	PANAMÁ

Figura 1 Mapa de ubicación geográfica de los sitios de estudio



Los bosques fueron distribuidos en todo Panamá hacia el oeste en Chiriquí (1) en la provincia de Coclé (4) y en el área canalera, las provincias de Panamá y Colón (9). Los sitios de muestreo (números en círculos) la altura sobre el nivel del mar (números subrayados) y datos geográficos (números en negrita) fueron registrados.

## 2 DETERMINACIÓN DE ÁREAS Y MUESTREO

Se tomaron datos sobre 14 sitios de investigación, en los cuales se ubicaron sendas fajas de sección transversal de 1 km de longitud por 10 m de anchura (total una hectárea por faja) Las fajas se subdividieron en 10 parcelas rectangulares consecutivas de 10 m x 100 m cada una ( $1000 \text{ m}^2/\text{parcela}$ ) Figura 2

Figura 2 Diseño de las parcelas de muestreo



Las coordenadas geográficas de las unidades o parcelas principales, se determinaron utilizando un GPS

En todas las parcelas se identificaron especies arbóreas iguales o mayores de 10 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho i.e., 1.33 m del suelo) y se tomaron muestras para su identificación botánica. Para la identificación de las especies arbóreas se utilizaron las monografías correspondientes a las diferentes familias y la colección del herbario de la Universidad de Panamá (PMA)

Cada sitio de muestreo se visitó en varias ocasiones para verificaciones, obtención de datos y determinación de posibles variaciones estacionales. Se recogió la información en hojas de campo preparadas especialmente para el registro de datos necesarios para el cumplimiento de los objetivos del estudio. Las muestras e información recopiladas fueron entregadas después de cada jornada de campo para su procesamiento en el laboratorio.

### **3 PROCESAMIENTO DE DATOS Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO**

Para cada parcela se levantaron tablas de datos que incluyeron en una base de datos general de todos los sitios trabajados. Una vez organizada y depurada la información se realizaron las siguientes determinaciones:

**Abundancia absoluta** es el número de ejemplares de cada especie dentro de cada subparcela.

**Índices de Biodiversidad Alfa** a nivel de especies, Riqueza de especies (Margalef), Dominancia (Simpson), Equidad (Shannon-Wiener), Similitud (Jaccard).

Se han seleccionado estos cuatro índices (Margalef, Simpson, Shannon Wiener, Jaccard) ya que cumplen los requisitos de ser cuantificables, comparables y georreferenciables según Del Pino et al. (2006) y cuyas expresiones son:

a) Índice de Margalef =  $DMg = (S - 1) / \ln N$  siendo S la riqueza o número de especies y N el número total de individuos de la muestra. Es un índice de riqueza de especies

b) Índice de Simpson =  $\lambda = \sum p_i^2$ , siendo  $p_i$  la proporción del número de individuos de la especie i con respecto a N. Es un índice estructural de dominancia, pudiéndose calcular la diversidad como  $1/\lambda$ .

c) Índice de Jaccard para comparar el grado de similitud entre comunidades

$$I_j = c/a + b - c$$

Donde

$a$  = número de especies presentes en el sitio A

$b$  = número de especies presentes en el sitio B

$c$  = número de especies presentes en ambos sitios A y B

d) Índice de Shannon Wiener =  $H = - \sum p_i \ln p_i$  Es un índice estructural de equidad.

**TAMAÑO MÍNIMO DESEABLE DE PARCELA.** para este fin se procedió a elaborar un programa de computadora para revisar todas las especies presentes en cada una de las parcelas de cada sitio y de esta manera determinar a que porcentaje del sitio no aparecen nuevas especies o la tasa de aparición de nuevas especies es menor al 10% (Costing, 1956). El porcentaje obtenido en cada sitio se compara con las curvas acumulativas de especies de cada sitio

La determinación de las especies, se realizó colectando muestras vegetales en lo posible con flores y frutos y comparándolas con las existentes en el Herbario de la Universidad de Panamá. La confirmación de la nomenclatura se basó en el Catálogo de



**Plantas Vasculares de Panamá (Correa et al 2004) Se elaboró una lista por orden alfabético agrupado en familia, género y especie**

**Para el estudio de los suelos se utilizaron los datos publicados por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) en el estudio “Zonificación de Suelos de Panamá por Niveles de Nutrientes” de 2006 en el que se presentan los mapas producto del análisis físico y químico de más de 100 000 muestras de suelo de todo el país y a cada una de las muestras se le realizaron 13 pruebas diferentes para determinar sus componentes Con los datos de este estudio y las coordenadas de los sitios de muestreo se procedió a clasificar los suelos de los sitios de muestreo**

**El análisis multivariado se abordó teniendo en cuenta el ordenamiento por parcelas principales, y por parcelas secundarias o subparcelas, considerando todas las variables, previa estandarización de cada una de ellas El programa de computación utilizado para el proceso de los datos, fue Biodiversitypro26 versión 2**

**Curvas de acumulación de especies. Para la vegetación arbórea de las catorce áreas estudiadas se realizaron curvas de acumulación de especies aleatorizadas 100 veces con el programa EstimateS (Colwell, 2002a) Por medio del programa XLstat las curvas fueron ajustadas al modelo Clench modificado (Soberón & Llorente 1993 definido como  $S(t)=a*t/(1+b*t)$  donde t es el área medida en metros cuadrados S(t) es la riqueza de especies estimada para un valor dado de t.**

### **III RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Los sitios de muestreo se georreferenciaron utilizando coordenadas planas (UTM) y se calcularon las alturas sobre el nivel del mar. Los detalles se observan en la siguiente tabla.

Tabla No 2 LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

SITIO	LOCALIDAD	ALTURA msnm	COORDENADAS UTM	PROVINCIA
1	BOSQUE GATÚN	40	600658 y 996639	COLÓN
2	BOSQUE CÓCOLÍ	40	652449 y 994881	PANAMÁ
3	RÍO INDIO ARRIBA	500	597140 y 958390	PANAMÁ
4	CEDRO HUECO	100	547793 y 994309	COLÓN
5	EL SANTÍSIMO	500	560850 y 960752	COCLÉ
6	LA CONGA	300	539952 y 967584	COCLÉ
7	CERRO EL TIGRERO	1000	534284 y 953442	COCLÉ
8	VOLCAN BARÚ	2300	400000 y 940000	CHIRIQUÍ
9	SENDERO EL CHARCO	40	645061 y 100631	PANAMÁ
10	CAMPO CHAGRES	40	653410 y 1018913	PANAMÁ
11	PARQUE NATURAL METROPOLITANO	50	660408 y 994852	PANAMÁ
12	SENDERO EL CHARCO 2	40	645176 y 100631	PANAMÁ
13	PUNTA BRUJA	50	655858 y 983101	PANAMÁ
14	CAMPO CHAGRES 2	40	653719 y 1018581	PANAMÁ

La ubicación geográfica de las áreas de estudio se puede visualizar en el mapa que se presentaron en la Figura 1

## 2 VARIABLES AMBIENTALES

Para efecto de comparar la diversidad observada en los diferentes sitios de muestreo se consideraron las variables ambientales precipitación y temperatura las cuales fueron asociadas a las correspondientes Zonas de Vida y tipo de bosque según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1978) y los estudios de la Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá (ANAM, 2000) El detalle se resume en la Tabla No 3

Tabla No 3 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LOS SITIOS DE MUESTREO

SITIO	LOCALIDAD	ZONA DE VIDA	TIPO DE BOSQUE
1	BOSQUE GATUN	1	1
2	BOSQUE COCOLÍ	1	2
3	RÍO INDIO ARRIBA	2	1
4	CEDRO HUECO	2	1
5	EL SANTÍSIMO	1	1
6	LA CONGA	2	1
7	CERRO EL TIGRERO	3	3
8	VOLCAN BARU	4	4
9	SENDERO EL CHARCO	1	2
10	CAMPO CHAGRES	1	2
11	PARQUE NATURAL METROPOLITANO	1	1
12	SENDERO EL CHARCO 2	1	2
13	PUNTA BRUJA	1	2
14	CAMPO CHAGRES 2	1	2
<b>ZONA DE VIDA</b>			
1	BOSQUE HUMEDO TROPICAL		
2	BOSQUE MUY HUMEDO TROPICAL		
3	BOSQUE MUY HUMEDO TROPICAL PRE MONTANO		
4	BOSQUE MUY HUMEDO TROPICAL MONTANO BAJO		
<b>TIPO DE BOSQUE</b>			
1	BOSQUE PERENNIFOLIO DE TIERRAS BAJAS		
2	BOSQUE SEMI CADUCIFOLIO DE TIERRAS BAJAS		
3	BOSQUE PERENNIFOLIO SUB MONTANO		
4	BOSQUE PERENNIFOLIO ALTI MONTANO		

### 3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

Ubicando los sitios de muestreo en los mapas de estudio de suelo del IDIAP se observan los siguientes valores en la Tabla No 4

Tabla No 4 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LOS SITIOS DE MUESTREO

SITIO	LOCALIDAD	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO									
		pH	Al	Textura	P	K	Ca	M.O	Cu	Fe	Zn
1	BOSQUE GATUN	1	2	4	1	1	1	2	1	2	1
2	BOSQUE COCOLÍ	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1
3	RÍO INDIO ARRIBA	1	2	4	1	2	2	1	1	1	1
4	CEDRO HUECO	1	2	4	1	2	2	2	1	1	1
5	EL SANTÍSIMO	1	2	4	1	2	1	2	1	2	1
6	LA CONGA	1	2	4	1	2	2	2	1	1	1
7	CERRO EL TIGRERO	3	1	4	1	2	1	2	1	1	1
8	VOLCAN BARU	3	1	3	2	2	1	2	1	1	1
9	SENDERO EL CHARCO	3	1	2	1	1	2	1	1	1	1
10	CAMPO CHAGRES	3	1	4	1	1	2	1	1	1	1
11	PARQUE NATURAL METROPOLITANO	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1
12	SENDERO EL CHARCO 2	3	1	2	1	1	2	1	1	1	1
13	PUNTA BRUJA	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1
14	CAMPO CHAGRES 2	3	1	4	1	1	2	1	1	1	1

### INTERPRETACIÓN DE LOS VALORES

VARIABLE	VALORES mg/kg	CONDICIÓN	SÍMBOLO	VARIABLE	VALORES mg/kg	CONDICIÓN	SÍMBOLO
P	0 18	Bajo	1	Fe	0 250	Bajo	1
	19 54	Medio	2		25,1 75,0	Medio	2
	55 +	Alto	3		76,0 +	Alto	3
K	0 44	Bajo	1	Mn	0 14,0	Bajo	1
	45 150	Medio	2		14,1 49,0	Medio	2
	151 +	Alto	3		49,1 +	Alto	3
Ca	0 20	Bajo	1	Zn	0 4,0	Bajo	1
	21 50	Medio	2		4,1 14,0	Medio	2
	51 +	Alto	3		14,1 +	Alto	3
Mg	0 0,6	Bajo	1	pH	4,0 5,1	Muy Acido	1
	0,7 1,5	Medio	2		5,2 5,9	Acido	2
	1,6 +	Alto	3		6,0 6,9	Poco Acido	3
Al	0 0,05	Bajo	1	Textura	Franco		1
	0,06 1,0	Medio	2		Franco Arcilloso		2
	1,0 3,0	Alto	3		Franco Arenoso		3
					Franco Arcillo-Arenoso		4
Cu	0 2,0	Bajo	1	Materia Orgánica	0 2,0	Bajo	1
	2,1 6,0	Medio	2		2,1 6,0	Medio	2
	6,1 +	Alto	3		6,1 +	Alto	3

Se puede observar que los suelos de los sitios de muestreo son predominantemente ácidos con una variación entre Muy Ácidos y “Poco Ácidos”. Cabe señalar que la disponibilidad de nutrientes en el suelo está relacionada con el pH, de este modo los suelos ácidos favorecen la disponibilidad de aluminio, cobre, hierro, manganeso y zinc, mientras que se desfavorece la disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio (IDIAP 2006). También es importante señalar que en los suelos con pH ácido, los iones  $H^+$  reemplazan a los de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y  $K^+$ , los cuales son posteriormente lavados del suelo disminuyendo la riqueza de nutrientes disponibles. Por lo tanto, en épocas de lluvias, estos suelos ácidos tienden a ser menos fértiles (IDIAP 2006).

En lo concerniente a la saturación de aluminio, en los suelos se puede observar que los datos registran valores entre medio y bajo para este elemento y considerando que estos valores favorecen la absorción de calcio y magnesio, se puede asumir que la mayoría de los suelos estudiados no deben presentar problemas de fertilidad.

Si tomamos en cuenta que el calcio, potasio, fósforo y magnesio son requeridos por las plantas en grandes concentraciones, los valores de éstos se encuentran entre rangos de medios a bajos en todos los sitios de muestreo, pero dentro de los valores que se consideran aceptables para las plantas.

Así mismo, los valores para el fósforo hierro cobre y zinc son uniformes en todos los sitios de muestreo considerando que los sitios de muestreo son bosques y que éstos elementos generalmente son removidos del suelo por cultivos, se espera que las concentraciones observadas no tengan relación con las diferencias de crecimiento de las especies de estos sitios

En lo concerniente a la textura de los suelos se puede observar que conforme a lo observado en el mapa de todo el país, en los sitios de muestreo predominan los suelos franco arcillo arenosos y franco arcillosos

En el caso de la acumulación de materia orgánica se pudo observar que los valores para este factor se indican como bajos o medios para la mayoría de los sitios, lo cual puede estar asociado con las precipitaciones que lavan el suelo en los referidos bosques

En resumen la textura de los suelos de los sitios de muestreo estaba entre franco arcillo arenosos y franco arcillosos, en cuanto a los macronutrientes, como calcio potasio fósforo y magnesio tienen valores medios a bajos en todos los sitios La saturación de aluminio registra valores entre medios y bajos. Los sitios de muestreo son predominantemente ácidos con una variación entre muy ácidos y poco ácidos El índice de materia orgánica acumulada en el suelo es baja o media. En virtud de lo señalado se puede asumir que la mayoría de los suelos estudiados presentan condiciones apropiadas para sostener el desarrollo de bosques diversos

#### **4 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA**

El total de especies arbóreas identificadas en los sitios de muestreo corresponde a 739 especies, representadas por 106 familias (siendo las más representativas Fabaceae Lecythidaceae Arecaceae Rubiaceae Myristicaceae, Anacardiaceae, Melastomataceae Burseraceae, Clusiaceae Myrtaceae y Euphorbiaceae) y 312 géneros sobresaliendo principalmente *Viola* *Eschweilera*, *Socratea* *Inga*, *Quercus* *Miconia* *Eugenia*, *Ocotea* *Zanthoxylum* y *Macaranga*. La lista se presenta en el Anexo No 1

Las muestras se colectaron entre los años 2000 y 2006. En la mayoría de los casos no fue posible conseguir muestras botánicas fértiles, por lo que la determinación se realizó por conocimiento dendrológico de expertos que participaron en la colecta y por comparación con las muestras que se encuentran en los herbarios de la Universidad de Panamá y el Smithsonian Tropical Research Institute (STRI). La revisión de todos los especímenes señala que no se encontraron especies nuevas para estas áreas de estudio.

#### **5 EVALUACIÓN DE DIVERSIDAD**

Con el objetivo de evaluar la diversidad se confeccionó una base de datos que se presenta en el Anexo 1. Para ello se contabilizó el número de individuos por especie por



sitio de muestreo Con esta misma información se obtuvo también la ausencia o presencia de los individuos y así se determinó la similitud entre los sitios

**Alfa Diversidad** Procurando un mejor análisis de la diversidad alfa, se calcularon tres índices para los datos de cada parcela El índice de riqueza de Margalef donde no se tiene en cuenta la abundancia particular de cada una de las especies a razón de la cantidad de individuos en la muestra, el de dominancia de especies de Simpson, respecto al hecho de que todas las especies tuvieran un unico individuo y el de Shannon – Wiener donde son importantes las proporciones de abundancia de cada especie en particular

**Tabla No 5 VALORES OBTENIDOS PARA EL ÍNDICE DE MARGALEF**

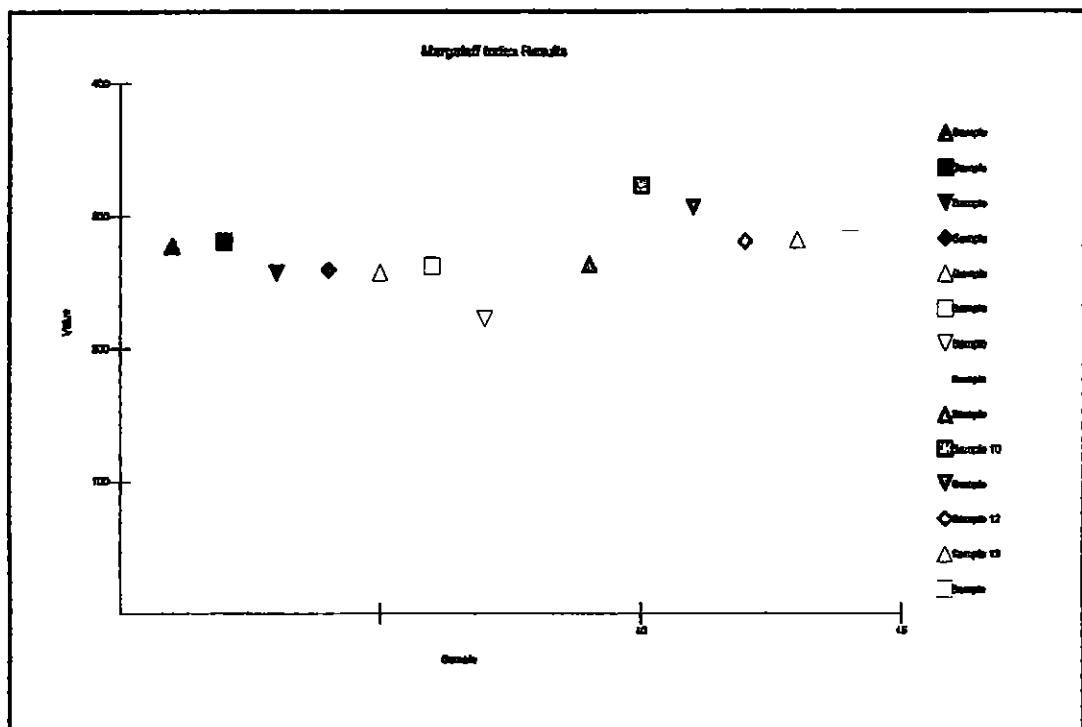
<b>SITIO</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>ESPECIES</b>	<b>ÍNDICE DE MARGALEF<sup>a</sup></b>
1	455	95	5,626
2	423	75	5,638
3	735	72	5,551
4	693	86	5,560
5	730	97	5,552
6	644	98	5 571
7	2048	223	5,407
8	441	56	5 631
9	621	67	5,577
10	192	33	5,778
11	255	41	5,726
12	423	66	5,638
13	413	44	5,642
14	412	39	5 643

<sup>a</sup>Los valores superiores a 5 indican alta diversidad

Los resultados obtenidos para cada uno de los sitios de estudio en cuanto al Índice de Margalef, sugieren una alta diversidad alfa, en cuanto a la riqueza de especies ya que se estima que los valores superiores a 5 0 para el indice de Margalef son

considerados como indicadores de alta diversidad (Moreno, 2001) Las pruebas estadísticas descriptivas para los 14 sitios de muestreo para este índice, no presentaron diferencias significativas al 95% de probabilidad, por lo que puede decirse que los sitios se comportan de manera semejante, en cuanto a la riqueza de especies. Ver Figura 3

**Figura 3** Gráfica de los valores obtenidos para el índice de Margalef Los valores de biodiversidad son muy similares en todos los sitios de estudio



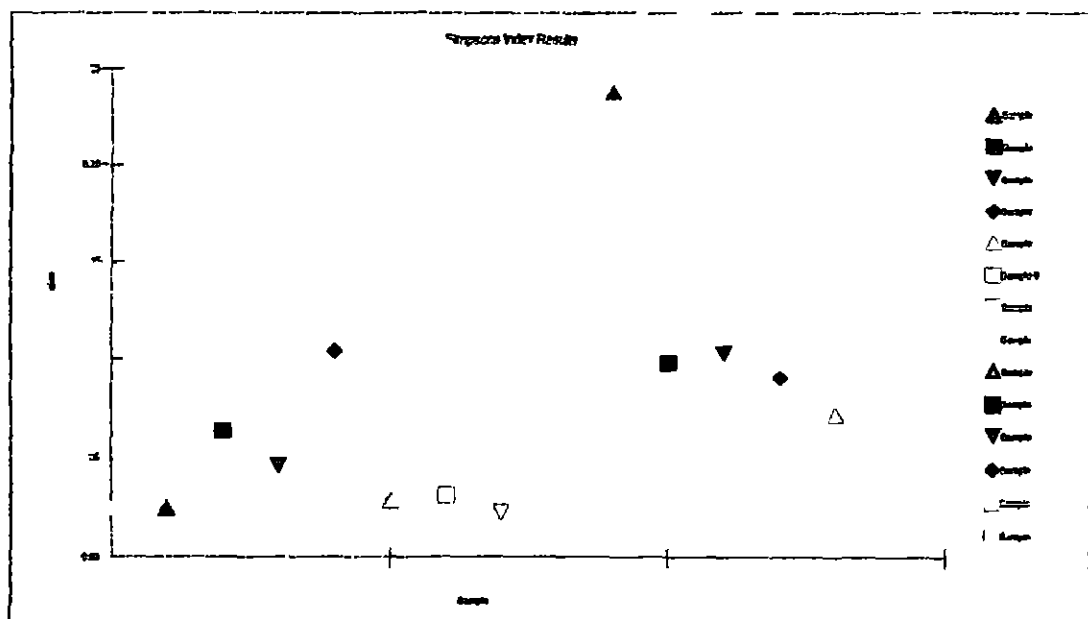
Con respecto al Índice de Simpson, los cálculos para cada uno de los sitios se presentan en la Tabla No 6 Este índice se emplea en aquellas comunidades para las que se han determinado las especies presentes y sus respectivas abundancias Generalmente se interpreta como un índice que mide las dominancias de las especies La visualización de estos valores se presenta en la Figura 4

Tabla No 6 VALORES OBTENIDOS PARA EL ÍNDICE DE SIMPSON

SITIO	ESPECIES	ABUNDANCIA MAYOR	ABUNDANCIA MENOR	ÍNDICE DE SIMPSON <sup>2</sup>
				D
1	95	41	1	0,025
2	75	86	1	0 064
3	72	91	1	0 046
4	86	209	1	0 104
5	97	62	1	0 029
6	98	60	1	0 031
7	223	167	1	0 023
8	56	198	1	0,213
9	67	297	1	0,238
10	33	41	1	0 098
11	41	65	1	0 102
12	66	115	1	0 091
13	44	79	1	0 072
14	39	96	1	0 098

<sup>2</sup>0 representa diversidad infinita y 1 ninguna diversidad.

Figura 4 Representación gráfica de los valores obtenidos para el índice de Simpson

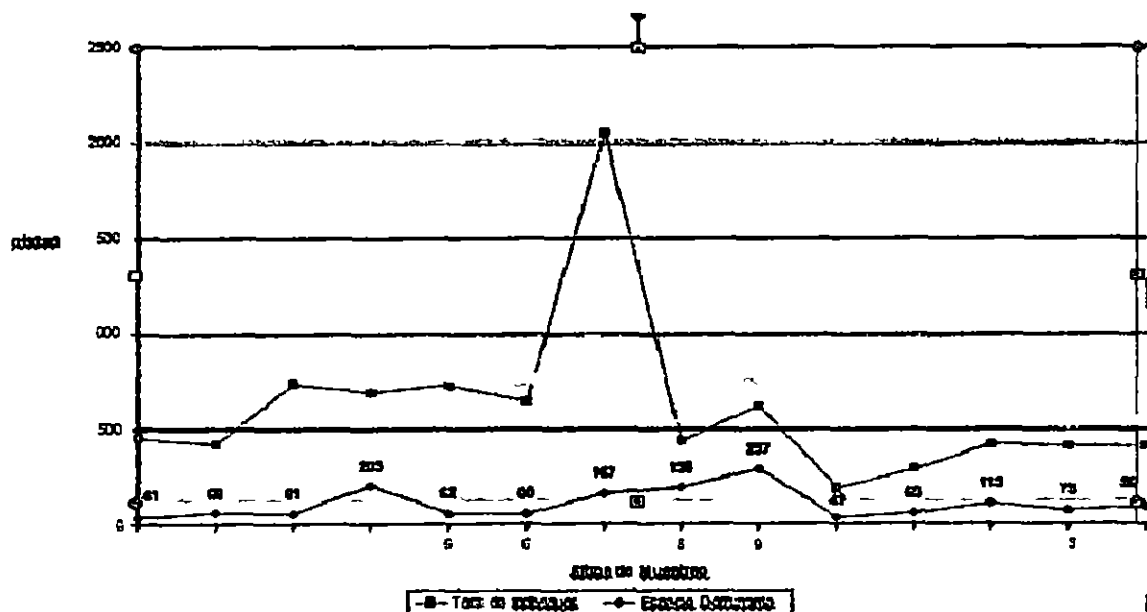


Altos valores para el Índice de Simpson (i.e. más cercano a 1) representan una alta diversidad o muy baja dominancia. Así mismo los valores entre 0 y 0.5 significan muy baja diversidad o muy alta dominancia. De lo anterior se podría decir que en este estudio en la mayoría de los sitios hay una dominancia marcada por una especie como se ve en la Tabla No 7

Tabla No 7 ESPECIES DOMINANTES POR SITIO DE MUESTREO

SITIO	TOTAL DE INDIVIDUOS	INDIVIDUOS MÁS ABUNDANTE	ESPECIE DOMINANTE
1	456	41	<i>Virola sebifera</i>
2	425	86	<i>Attalea butyracea</i>
3	736	91	Fam Desc 3 1
4	694	209	<i>Socratea exorrhiza</i>
5	731	62	<i>Marila laxiflora</i>
6	645	60	Fam Desc 6-1
7	2049	167	<i>Eschweilera</i> sp 7 1
8	442	198	<i>Quercus</i> sp 8 1
9	623	297	<i>Gustavia superba</i>
10	193	41	<i>Bursera sumaruba</i>
11	293	65	<i>Anacardium excelsum</i>
12	424	115	<i>Gustavia superba</i>
13	414	79	<i>Mabea occidentalis</i>
14	413	96	<i>Bursera sumaruba</i>

Figura 5 Relacion entre el numero de especies y especie dominante por sitio de muestreo

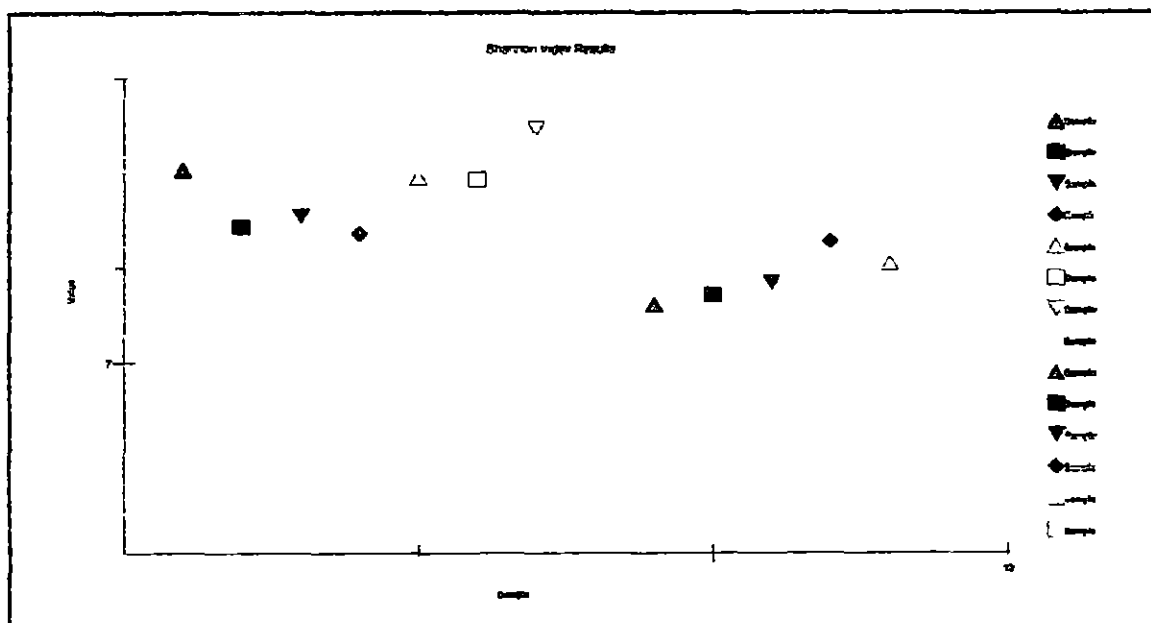


Con respecto al índice de Shannon Wiener sus valores se presentan en la Tabla No 8 y la Figura 6

Tabla No 8 VALORES OBTENIDOS PARA EL INDICE DE SHANNON WEINER

SITIO	ESPECIES	SHANNON H' LOG BASE 2 718
1	95	4 033
2	75	3 433
3	72	3 543
4	86	3 358
5	97	3 942
6	98	3 925
7	223	4 458
8	56	2 650
9	67	2 610
10	33	2,704
11	41	2 838
12	66	3 267
13	44	3 040
14	39	2 805

Figura 6 Representacion gráfica de los valores para el índice de Shannon Wiener



Segun este indice se asume que todas las especies en una comunidad han sido muestreadas y que el muestreo fue hecho al azar. Si todas las especies están uniformemente representadas, el valor de Índice de Shannon Wiener ( $H'$ ) será más alto siendo 4.5 el límite superior. Si una especie domina, el valor estará cerca del cero. En este estudio la diversidad de los sitios no es uniforme por ejemplo los sitios 8, 9, 10, 11, 13 y 14 la diversidad es cercana a los valores medios (2.6 – 3) mientras que en los otros sitios 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 los valores son superiores a 3.0 lo cual es indicativo de alta diversidad. El promedio de 3.229 para todos los sitios representa una mediana diversidad por cuanto las proporciones entre especies no son precisamente homogéneas.

La prueba estadística  $t$  para los valores de los catorce índices presenta diferencias significativas, es decir que al menos hay una parcela con un valor de índice

significativamente diferente a las demás. Por tal razón, es apropiado considerar que las especies no se distribuyen de manera proporcional y que existen dominancias de algunas especies que afectan la diversidad considerada como proporción de especies

Para estimar la similitud entre los sitios muestreados, se evaluaron las abundancias de las especies con el procedimiento de análisis de cluster de Bray-Curtis. El cluster que se presenta, se elaboró con los promedios simples, para muestras no estandarizadas. La Tabla No 9 muestra los cálculos para la similitud reflejada y la Figura 7 muestra el cluster de similitud.

Por su composición florística, los bosques estudiados corresponden a los típicos bosques húmedos tropicales. Sin embargo, hay diferencias notables entre ellos. Se puede afirmar que los bosques estudiados se organizan en dos categorías principales, formadas por el sitio 8 y el resto de los sitios en otro grupo. Los bosques distintos del 8 se dividen en subcategorías formadas por el sitio 7 que se diferencia claramente de los otros sitios y dos subgrupos formados por los sitios 3, 4, 5 y 6 y el grupo formado por los sitios 14, 10, 13, 11, 2, 12, 9 y 1.

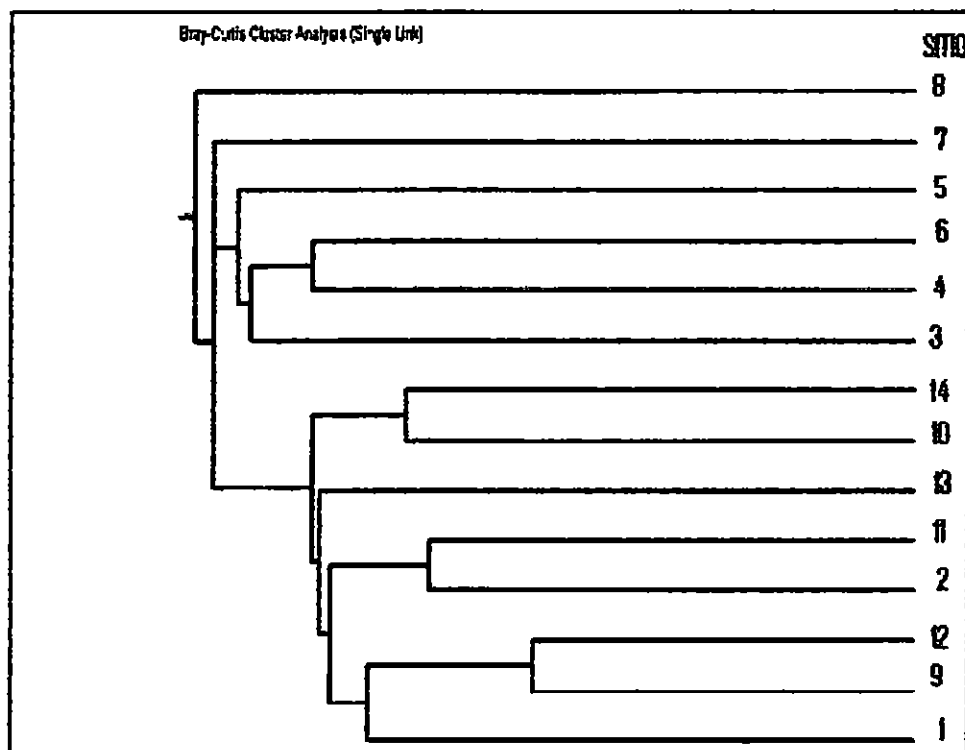
Se puede observar en los datos que los bosques 9 y 12 son los de mayor similitud con 48.084% seguidos de los bosques 2 y 11 con 33.923% y el 10 y 14 con 30.795%. Del mismo modo, los bosques menos similares fueron los bosques 1 y 8 con 2.232% seguidos del 1 y 3 con 4.704% y finalmente el 3 y 7 con 4.752%.

**Tabla No 9 DATOS DE SIMILITUD OBTENIDOS CON EL ANÁLISIS DE SIMILITUD**

[illegible]



**Figura 7 Dendrograma para el análisis de cluster de similitud**



## 6 ANÁLISIS MULTIVARIADO

Con el objetivo de analizar las correlaciones entre las variables ambientales e identificar los sitios que se distinguen fuertemente de los demás se procedió a construir una tabla de doble entrada en donde se contrastan los valores de cada sitio frente a las variables ambientales seleccionadas Tabla No 10

Cabe señalar que de todas las variables que se establecieron en la Tabla No 4 se escogieron solamente aquellas que mostraban diferencias significativas entre los 14 sitios estudiados

**Tabla No 10 MATRIZ DE DATOS PARA EL ANÁLISIS MULTIVARIADO**

<b>SITIOS</b>	<b>pH</b>	<b>Al</b>	<b>Textura</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>M.O</b>	<b>ZONA DE VIDA</b>	<b>TIPO DE BOSQUE</b>
1	1	2	4	1	1	2	1	1
2	1	1	2	1	2	1	1	2
3	1	2	4	2	2	1	2	1
4	1	2	4	2	2	2	2	1
5	1	2	4	2	1	2	1	1
6	1	2	4	2	2	2	2	1
7	3	1	4	2	1	2	3	3
8	3	1	3	2	1	2	4	4
9	3	1	2	1	2	1	1	2
10	3	1	4	1	2	1	1	2
11	3	1	2	1	1	1	1	1
12	3	1	2	1	2	1	1	2
13	1	2	1	1	2	2	1	2
14	3	1	4	1	2	1	1	2

El análisis de componentes principales se aplica cuando se desea conocer la relación entre similares y se sospecha que en dicha relación influye de manera desconocida un conjunto de variables o propiedades de los elementos (Salvador 2000) Este método de ordenación tiene la ventaja de que se hace basándose en el análisis múltiple de las variables. Además, con el uso del mismo se tiene una mayor certeza respecto a cuales son las mejores variables que explican la diversidad de los bosques

Haciendo uso de la aplicación estadística de Análisis de Componentes Principales, se obtuvieron los datos que se señalan en las Tablas No 11 y 12

**Tabla No 11 MATRIZ DE CORRELACIÓN DE PEARSON**

VARIABLES	pH	AL	TEXTURA	K	CA	M.O.	ZONA DE VIDA	TIPO DE BOSQUE
pH	1	0 866	-0 135	-0 289	-0 149	-0 429	0 158	0 581
Al	-0 866	1	0 292	0 417	0 043	0 577	-0 068	-0 623
Textura	-0 135	0 292	1	0 564	-0 181	0 270	0 288	-0 202
K	-0 289	0 417	0 564	1	-0 258	0 577	0 730	0 048
Ca	-0 149	0 043	-0 181	-0 258	1	-0 447	-0 354	-0 186
M O	-0 429	0 577	0 270	0 577	-0 447	1	0 474	0 083
ZONA DE VIDA	0 158	0 068	0 288	0 730	0 354	0 474	1	0 617
TIPO DE BOSQUE	0 581	0 623	-0 202	0 048	-0 186	0 083	0 617	1

**Tabla No 12. VALORES PROPIOS DE LAS VARIABLES**

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valor propio	3 102	2 533	0 930	0 831	0 307	0 166	0 079	0 052
Variabilidad (%)	38 777	31 664	11 628	10 384	3 833	2 074	0 988	0 651
% acumulado	38 777	70 440	82 069	92 453	96 286	98 360	99 349	100 000

Para determinar qué variables de cada uno de estos componentes seleccionados explican la variabilidad de este componente, se tomaron en cuenta solamente aquellas que explican niveles de la varianza iguales o superiores al 35% (Salvador 2000)

Como se puede destacar de la tabla de valores propios, los dos primeros componentes corresponden a un porcentaje elevado (70.44 %) de explicación de la variabilidad. Dichos componentes están determinados por las variables que se detallan en la Tabla No 13.

**Tabla No 13 SIGNIFICADO DE LOS PRIMEROS TRES COMPONENTES PRINCIPALES VÍA MATRIZ DE CORRELACIÓN (R)**

COMPONENTE	PORCENTAJE DE EXPLICACIÓN	INTERPRETACIÓN
Primero	38.777	Materia Orgánica, Saturación de Aluminio, % de Potasio
Segundo	31.664	Tipo de Bosque, Zona de Vida y pH del suelo
Total varianza explicada	70.440	_____

El primer componente es el que tiene la varianza más alta y por lo tanto la mayor capacidad exploratoria de los datos. En este caso alcanza el 39% del total.

En este primer componente se observan valores positivos en proporciones más o menos análogas de aquellas variables que en su conjunto reflejan la cantidad de materia orgánica acumulada en el suelo del bosque, los niveles de saturación de aluminio en el suelo y el porcentaje de potasio en el suelo. Estos resultados se pueden interpretar como el de un componente cuyas magnitudes están asociadas con la discriminación entre bosques que tienen valores elevados de las variables mencionadas y las que no lo presentan. Como estas variables están vinculadas al concepto disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas, podría señalarse que los valores altos de este componente se

encuentran vinculados a bosques con alta diversidad y que este factor explica el 39% de la variabilidad total

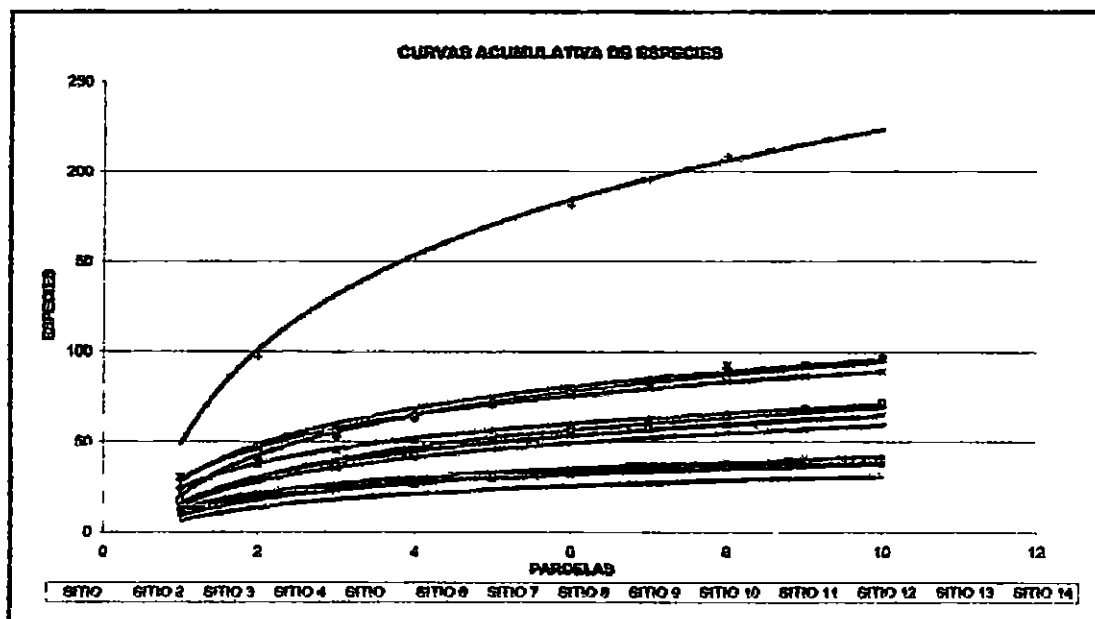
El segundo componente explica un 32% de la variabilidad total. Está referido al Tipo de Bosque y a las condiciones de temperatura y precipitación que se asocian con las Zonas de Vida, así como al pH del suelo.

Las características individuales de las especies que componen el tipo de bosque, la temperatura y la disponibilidad de agua son determinantes para el establecimiento de comunidades vegetales principalmente en nuestros bosques tropicales en los que la competencia por la luz y el espacio son indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Condit et al., 2007). Si se asocia este componente al primero podría indicar que los bosques con buena disponibilidad y capacidad de absorción de nutrientes, suficiente agua, niveles de temperatura apropiados serán adecuados para presentar niveles altos de diversidad.

## **7 ESTIMACION DEL TAMAÑO ÓPTIMO DE MUESTREO**

Con el propósito de estimar la superficie mínima de muestreo en los bosques para lograr la representatividad en los mismos se procedió a elaborar curvas acumulativas de especies en cada sitio y los resultados se observan en la Figura 8.

Figura 8 Curvas acumulativas de especies



Para cada curva se calculó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y los datos se presentan en la Tabla No 14

Tabla No 14 NUMERO TOTAL DE ESPECIES  
POR SITIO DE MUESTREO

SITIO	VALOR DE R
1	0.9911
2	0.9821
3	0.9981
5	0.9924
6	0.9973
7	0.9625
8	0.9941
9	0.9921
10	0.9726
11	0.9853
12	0.9938
13	0.9871
14	0.9961

El cálculo de la evaluación de la calidad del inventario se realizó utilizando la pendiente al final de la curva según el modelo de Clench, en donde la pendiente (en un punto  $n$ ) =  $a/(1+b*n)^2$  y se obtuvieron valores para cada sitio de muestreo que se indican en la Tabla No 15

**Tabla No 15 CÁLCULOS BASADOS EN REGRESIÓN NO LINEAL Y MODELO DE CLENCH**

<b>Sitio</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>Pendiente</b>	<b>% de muestreo estimado</b>	<b>No de especies por Sitio</b>
Sitio 1	27 648	0 187	3 345	0 66	98
Sitio 2	18 347	0 159	2.735	0 65	75
Sitio 3	31 631	0 354	1 536	0 78	70
Sitio 4	37 867	0 329	2 061	0 77	89
Sitio 5	36 135	0.279	2.514	0 74	96
Sitio 6	38 654	0 262	2.944	0 65	96
Sitio 7	64.268	0 182	8 069	0 67	236
Sitio 8	19 600	0 229	1 810	0 71	61
Sitio 9	20 452	0 213	2 091	0 70	67
Sitio 10	8 273	0 158	1 245	0 63	33
Sitio 11	11 683	0 191	1 380	0 69	42
Sitio 12	20 041	0 207	2 122	0 68	66
Sitio 13	16 043	0.286	1 077	0 77	43
Sitio 14	15 945	0 325	0 884	0 77	38
<b>PROMEDIOS</b>				<b>0 71</b>	<b>79 29</b>

Por tanto todos los valores dieron resultados mayores de 0 1 lo cual nos indica que no se ha logrado un inventario completo ni una representación significativa del total de especies posibles de este tipo de bosques

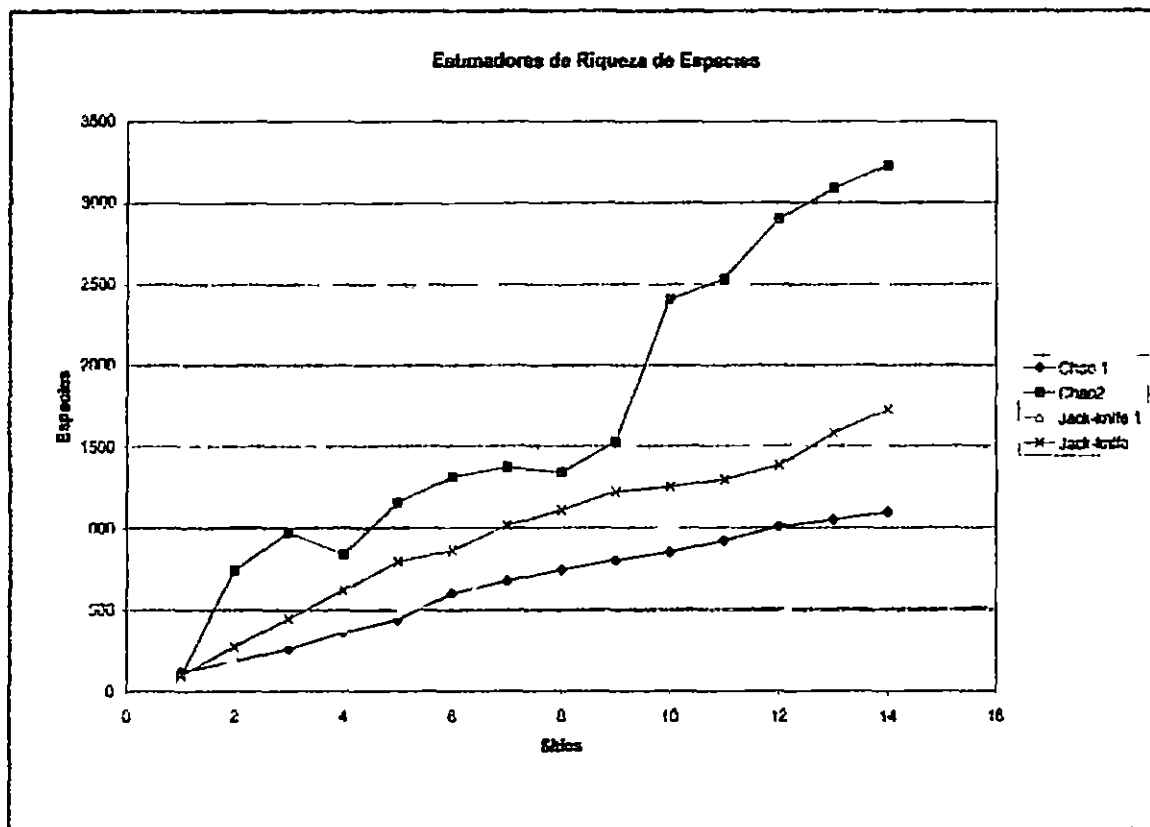
Igualmente la proporción de especies registradas por sitio, también nos da idea de la calidad del inventario. Según esta estimación ( $S_{obs}/(a/b)$ ) con el trabajo realizado en una hectárea de muestreo por sitio se ha logrado un promedio de 71% de desviación standard las especies posibles.

Como se desprende de la Figura 8 en todos los sitios la curva acumulativa se mantiene en pendiente, indicando que los muestreos deben continuar para lograr el 100% de las especies. Este dato es indicativo de la alta diversidad que se observa en estos bosques, hecho que ya había quedado demostrado en los análisis y resultados para los índices de diversidad explicados en secciones anteriores. Ahora bien, si se deseara lograr un porcentaje dado de representatividad, considerando que en bosques de este tipo hay un promedio de 79 especies de árboles por hectárea, podríamos estimar el esfuerzo de muestreo necesario con la fórmula  $nq$  donde  $q=S_{n}/(a/b)$ .

Como quiera que las curvas acumulativas de especies no alcanzaron una asíntota, esto indica que el número de especies aumentará con el número de muestras a diferencia de la creencia generalizada de muchos especialistas en ecología tropical de que la riqueza de especies de árboles llega a una asíntota entre 1 y 3 ha (Gentry 1988, Tuomisto et al 1995). Otros estimadores de riqueza de especies confirman los mismos resultados. Figura

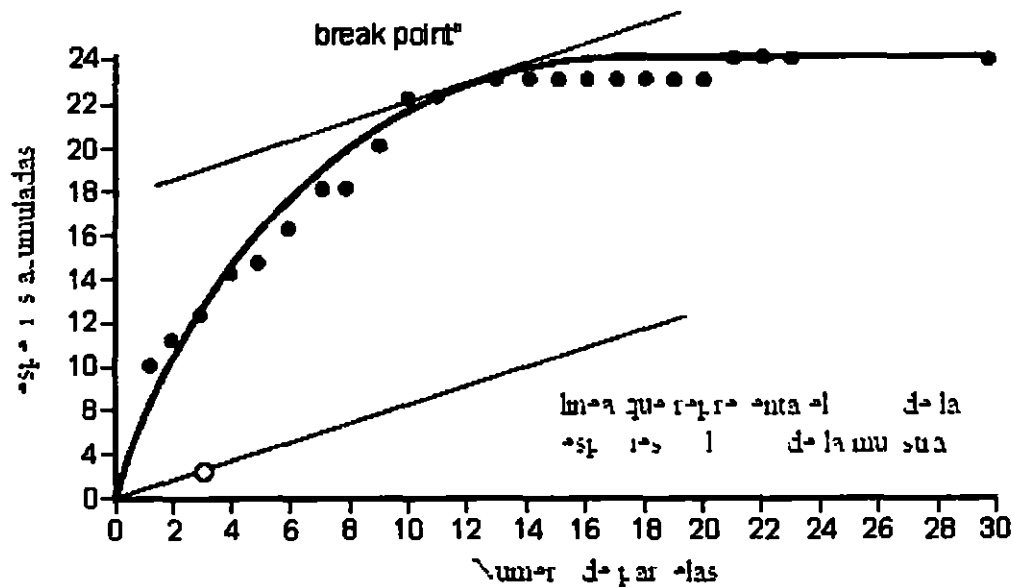


Figura 9 Estimadores de riqueza de especies



Para efectos de determinar la superficie optima de muestreo se procedio a calcular el punto donde la curva tiende a la asintota break point (punto de quiebre) segun la regla del 10 % es decir cuando el aumento del 10 % del area es menor que el 10% del valor acumulativo de la especie (Costin, 1996) (ver Figura 10 y Tabla No. 1)

Figura 10 Método para establecer el "Break Point" en curvas acumulativas de especies



Tomado de Shrub and Small tree Stratum Biodiversity Monitoring Protocols by Patricia Roberts-Pichette and Lynn Gillespie

Tabla No 16 PORCENTAJE AL QUE SE ALCANZA EL "BREAK POINT" POR SITIO DE MUESTREO

SITIO	BREAK POINT	TOTAL DE ESPECIES	% del total de especies observadas
1	63	98	64 29
2	43	75	57 33
3	50	70	71 43
4	63	89	70 79
5	69	96	71 88
6	67	96	69 79
7	159	236	67 37
8	41	61	67 21
9	46	67	68 66
10	23	33	69 70
11	29	42	69 05
12	41	66	62 12
13	28	43	65 12
14	26	38	68 42
PROMEDIOS	53 43	79 29	67 39

Se estima que el “break point” se refiere al valor promedio del número de especies comunes, las cuales constituyen la flora representativa del correspondiente lugar. El resto del porcentaje debe estar repartido entre las especies menos frecuentes.

Tomando el valor promedio de los 14 sitios se procedió a utilizar el programa diseñado por el autor de la tesis para calcular el área de muestreo óptima para este tipo de bosques. Los resultados se reflejan en la Tabla No 17.

**Tabla No 17 NÚMERO DE PARCELA NECESARIO PARA OBTENER REPRESENTATIVIDAD**

<b>SITIO</b>	<b>CANTIDAD DE PARCELAS</b>
1	6
2	7
3	3
4	4
5	6
6	4
7	7
8	2
9	5
10	5
11	5
12	4
13	2
14	3
<b>PROMEDIO</b>	<b>4.5</b>

Los cálculos sugieren que para muestreos en bosques tropicales que guarden características similares a los estudiados en este trabajo se pueden tener datos con representatividad si se utilizan por lo menos 0.45 hectárea sobre una zona definida, este área constituye un tamaño de muestra adecuado de acuerdo con las curvas acumulativas de especie obtenidas en este estudio

## **IV CONCLUSIONES**

Todos los bosques de este estudio presentaron características similares en cuanto a su composición florística, condiciones ambientales, características del suelo por lo que el uso de una medida estándar de muestreo para realizar inventarios en este tipo de bosques es pertinente

Las especies arbóreas estudiadas en los sitios de muestreo reflejan que los mismos presentan una alta diversidad alfa, lo cual pone de manifiesto que son bosques muy variados en su composición de árboles

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que los inventarios en bosques húmedos de Panamá, deben aportar un número aproximado a 79 especies arbóreas por hectárea trabajada.

Se puede destacar que en estos bosques se presenta un alto patrón de dominancia de una especie por encima del resto de los individuos que componen la flora representativa de cada sitio de estudio

Las condiciones de temperatura y precipitación, enmarcan un microclima semejante para cada caso lo cual no afecta notablemente en el porcentaje de diversidad que se observa entre los diferentes sitios de estudio

Sin embargo las condiciones del suelo representan factores que pueden condicionar el comportamiento de la diversidad para los bosques húmedos de Panamá.

Es posible obtener muestras representativas de la flora de los bosques húmedos de Panamá, a partir de muestreos que alcancen por lo menos 0.45 hectárea. Por lo tanto considerando la alta diversidad que presentan estos bosques, se puede lograr una economía en el esfuerzo de colecta de especímenes y las erogaciones que esto conlleva, utilizando una fracción menor a la hectárea sugerida por muchos investigadores

## **V RECOMENDACIONES**



Considerando que todavía existen grandes vacíos de información sobre nuestros bosques tropicales que no permiten que se puedan enfocar de manera más efectiva los esfuerzos de conservación, debemos crear bases de datos permanentes de los trabajos de investigación a fin de aunar esfuerzos que garanticen su manejo y conservación.

Compartir los resultados de nuestra investigación con la red de investigadores nacionales y extranjeros, para que redunde en el mejoramiento de las posibilidades de optimizar las acciones que lleven a proteger nuestros bosques de la creciente deforestación

Uniformar patrones de medidas, diseño y estrategias de colecta en los trabajos de inventarios, de modo que los resultados obtenidos en cada caso sean sujetos de interpretación, comparación y extrapolación

Ampliar esta investigación hasta obtener patrones que puedan relacionarse directamente con las observaciones que se han obtenido en este estudio y así contribuir al establecimiento de estrategias de trabajo que sean sustentadas por evidencias científicas comprobadas

## **BIBLIOGRAFÍA**

ANAM 2000 Primer informe de la riqueza y estado de la Biodiversidad de Panamá.

ANAM, Panamá. 174 p

ACHARD F Eva, H Stibig, H. Mayaux, P Gallego J Richards, T & Malingreau, J

2002 Determination of deforestation rates of the worlds humid tropical forests *Science*  
297 (5583) 999 1002

BRENES G 1990 Notas del curso de silvicultura del bosque natural Programa de  
licenciatura en silvicultura tropical Dpto Ing Forestal ITCR.

BRENES G 1995 Parcelas de muestreo permanente, una herramienta de investigación  
de nuestros bosques Programa de restauración y silvicultura del bosque seco A C G

Disponible en [http //www.acguanacaste.ac.cr/rothschildia/v1n1/textos/16.html](http://www.acguanacaste.ac.cr/rothschildia/v1n1/textos/16.html)

CHACIN F L 2002 Tamaño de parcela experimental en frijol (*Vigna unguiculata*)

Maracaibo Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía.

COLWELL R. K. 2000 EstimateS Statistical Estimation of Species Richness and  
Shared Species from Samples (Software and User's Guide) Version 6

[http //viceroy.eeb.uconn.edu/estimates](http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates)

CONDES S 1997 Simulación de parcelas arboladas con datos del segundo inventario  
forestal nacional. Tesis Doctoral ETSI de Montes Madrid 616 p

CONDIT R. S Hubbell, S P LaFrankie J V Sukumar R. Manokaran, N Foster R.

B Ashton, P S 2007 Relaciones especie-área y especie individuo en árboles

tropicales comparación de tres parcelas de 50 ha. Ecología y evolución en los trópicos 448-464

CORREA, M Galdames C de Stapf M S 2004 Catálogo de las plantas vasculares de Panamá. Quebecor World Bogotá, Colombia.

COSTING H J 1956 The Study of plant communities an introduction to plant ecology 2 ed San Francisco W H Freeman 440 p

DEL PINO J O Zamora, R. Oliet, J.A 2006 Empleo de diferentes índices de biodiversidad en los modelos basados en técnicas de decisión multicriterio Disponible en <http://www.gruponahuse.com/simposio/papers%20pdf/25%20OSCAR%20DEL%20PINO.pdf>

ESA 2005 Ecological Principles and Guidelines for Managing the Use of Land Ecological Applications, 10(3) 639-670

ETESA 2008 Descripción general del clima de Panamá. Gerencia de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica S A Disponible en <http://www.hidromet.com.pa/sp/climatologiaFrm.htm>.

FALCUCCI A. Maiorano L & Boitani L 2007 Changes in land use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation. Journal of Mammalogy 89(6) 1502-1511

FAO 1997 Situación de los bosques en el mundo [www.fao.org/forestry/site/11749/es](http://www.fao.org/forestry/site/11749/es)

FAO 1999 Servicios ambientales y sociales proporcionados por los bosques  
<http://www.fao.org/docrep/W9950S/w9950s04.htm#TopOfPage>

FEARNSIDE, P & Laurance W 2003 Determination of deforestation rates in the world's humid tropical forests *Science* 299 (5609) 1015-1035

GENTRY A 1988 Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients *Ann. Missouri Bot. Gard* 75(1) 1-34

GONZÁLEZ CUEVA, G Gallegos A Hernández, E & Morales Ramírez, Ma. 2002 Evaluación del tamaño y forma de sitio de muestreo para inventarios forestales en bosques tropicales Departamento de Biometría Forestal de la Universidad de Freiburg Alemania. Proyecto CONACYT 31808 B

HALFFTER, G Moreno C E & Pineda, E O 2001 Manual para evaluación de la Biodiversidad en Reservas de la Biosfera. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol 2 Zaragoza, 80 p

HOLDRIDGE L 1978 Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José Costa Rica. 216 p

HUSTON M A 2005 The three phases of land use change: implications for biodiversity *Ecological Applications* 15(6) 1864-1878

IDIAP 2006 Zonificación de Suelos de Panamá por niveles de nutrientes Panamá. 24 p

**LAARMAN J & Sedjo R. 1992 Global Forests Issues for Six Billion People McGraw Hill Inc New York, 337 p**

**LINDSEY R. 2004 From forest to field How fire is transforming the Amazon. NASA s Earth Observatory Website**

**LUGO A L 1997 Mangrove forests A Tough System to Invade In Exotic Pests of Eastern Forests, Conference Proceedings April 8 10 1997 Nashville TN Editado por Kerry O Britton, USDA Forest Service & TN Exotic Pest Plant Council**

**MILLER, J & Hobbs R. 2007 Habitat restoration—do we know what we re doing? Restoration Ecology 15(3) 382–390**

**MORENO C E 2001 Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol 1 Zaragoza, 84 p**

**PATÍÑO V F 1997 Recursos genéticos de Swietenia Y Cedrela en los neotropicos Propuestas para Acciones Coordinadas FAO ROMA (ITALIA)**

**PIMENTEL D Mc Nair M Back, L Pimentel M y Kamil J 1997 The value of forests to world s food security Human Ecology 25 92 120**

**SALVADOR F M 2000 Introducción al Análisis Multivariante Página Web www 5campus com Estadística [http //www 5campus com/leccion/anamul](http://www.5campus.com/leccion/anamul)**

SCBD 2002 Secretariat of the Convention on Biological Diversity Review of the status and trends of, and major threats to the forest biological diversity Montreal SCBD Technical Series no 7 164 p

SOBERÓN J M & Llorente J B 1993 The use of species accumulation functions for the prediction of species richness Conservation Biology 7 480-488

TAYLOR, L 2004 The Healing Power of Rainforest Herbs Square One Publishers, Inc Garden City NY 11040 535p

TUOMISTO H Ruokolainen, K. Kalliola, R. Linna, A. Danjoy W & Rodriguez, Z 1995 Dissecting Amazonian Biodiversity Science 269(5220) 63-66

WILLS C Harms K. Condit, R King D Thompson J He F Muller Landau, H C Ashton, P Losos E Comita, L Hubbell S Lafrankie J Bunyavejchewin, S Dattaraja, H S Davies S Esufali S Foster R. Gunatilleke N Gunatilleke S Hall P Itoh, A. John, R. Kiratiprayoon, S Loo de Lao S Massa, M Nath, C Nur Supardi Noor Md. Kassim, A R Sukumar R. Suresh, H S Sun, I F Tan, S Yamakura, T & Zimmerman, J 2006 Nonrandom Processes Maintain Diversity in Tropical Forests Science 27 311(5760) 527-531

## **ANEXOS**



## **Anexo A Base de Datos de los 14 sitios de muestreo**

**Anexo B: Pantallas de captura de datos del programa de cálculo del porcentaje de muestreo según criterios dados.**

PROCESO - SITIOS VS ESPECIES

Resultado esperado

Sitio	Ult. Parcela	Cont. Parcela
1	6	6
2	7	7
3	3	3
4	4	4
5	6	6
6	4	4
7	7	7
8	2	2
9	5	5
10	5	5
11	5	5
12	4	4
13	2	2
14	3	3

UnicaParcelaReg

Sitio	Parc	Especie
14	1	Lonchocarpus minor
14	1	Pseudobombax sept
14	1	Randia armata
14	1	Spondias mombin
14	2	Atelos blackiana
14	2	Antirhea trichantha
14	2	Couatrea hexandra
14	2	Guapira costaricens
14	2	Gustavia umbellata
14	2	Machara tinctoria
14	2	Sapum sp.
14	2	Sterculia apetala
14	2	Trichilia plicata
14	2	Zanthoxylum sp
14	3	Bunchosia nitida
14	3	Casahuate aculeata
14	3	Machaetium biondian

Sitio especie única

Sitio	Especie
14	
14	Atelos blackiana
14	Annona spraguei Salt
14	Antirhea trichantha
14	Astronium graveolens
14	Brosimum sp
14	Bunchosia nitida
14	Buarea sinaruba
14	Calyptophyllum candidissim
14	Capparis cynophallophora
14	Casahuate aculeata
14	Cavanillesia platensis
14	Cedrela fissilis
14	Cedrela odorata
14	Chrysophyllum carib
14	Coccoloba coronata
14	Coccoloba obovata
14	Couatrea hexandra

Registrar: 14 4 743

Registrar: 14 1

INICIAR PROCESO

CERRAR FORMULARIO

PROCESO - SITIOS VS ESPECIES

Parcela especie única

Sitio	Parc	Especie
1	1	Allophylus polystachyus
1	1	Atelos blackiana
1	1	Astronium graveolens
1	1	Astrocaryum standleya
1	1	Attalea butyracea
1	1	Brosimum sp.
1	1	Casahuate aculeata
1	1	Casahuate sp.1
1	1	Cedrela fissilis
1	1	Chrysophyllum longitola
1	1	Chrysophyllum sp.
1	1	Clusia cf. biflora
1	1	Cordia parsonsii
1	1	Desconocido sp. 2
1	1	Desconocido sp.1
1	1	Gustavia superba
1	1	Lonchocarpus pentaply
1	1	Machaetium biondian

Porcentaje a calcular para resultado esperado

Después de ingresar el porcentaje, haga clic en "Iniciar Proceso"

Registrar: 14 1

Registrar: 14 1

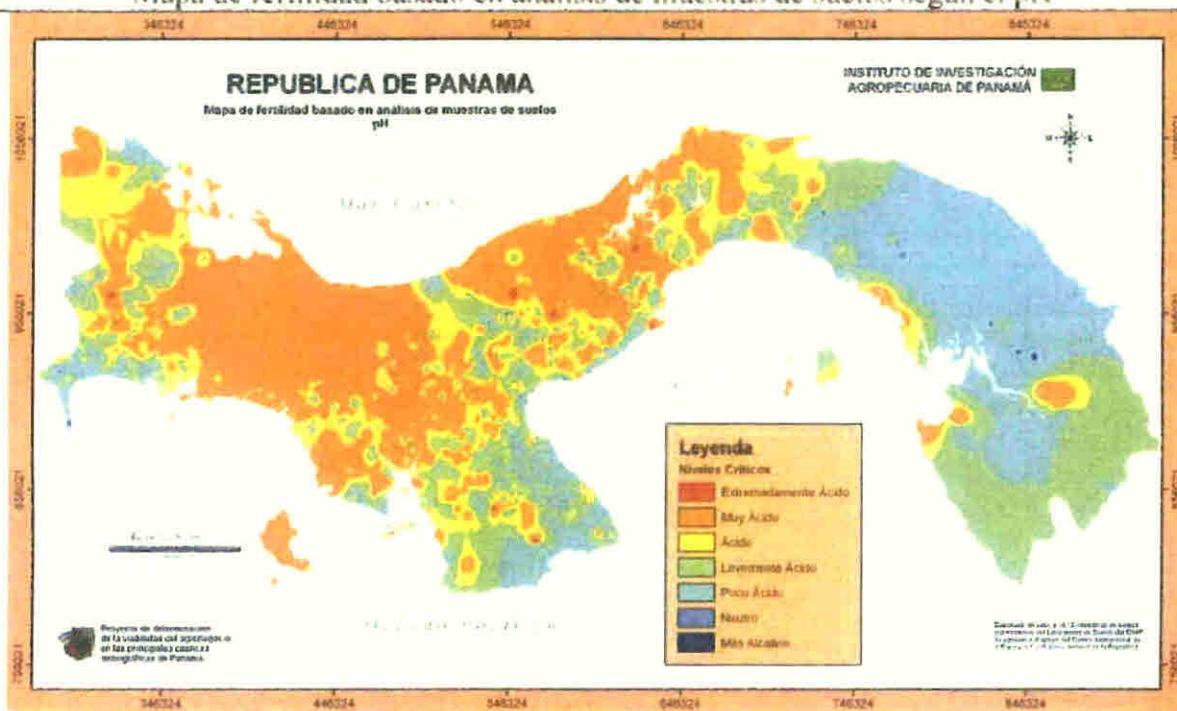
INICIAR PROCESO

CERRAR FORMULARIO

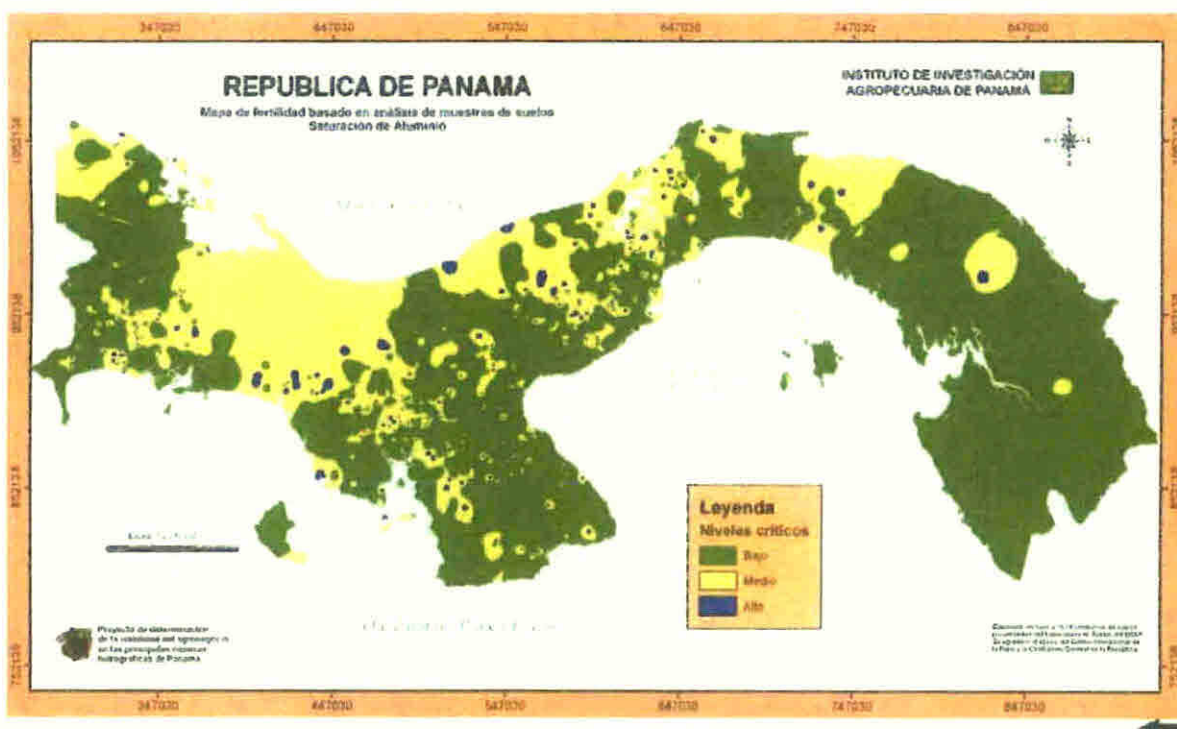
-76-

**Anexo C: Mapas de Suelo según niveles de nutrientes.**

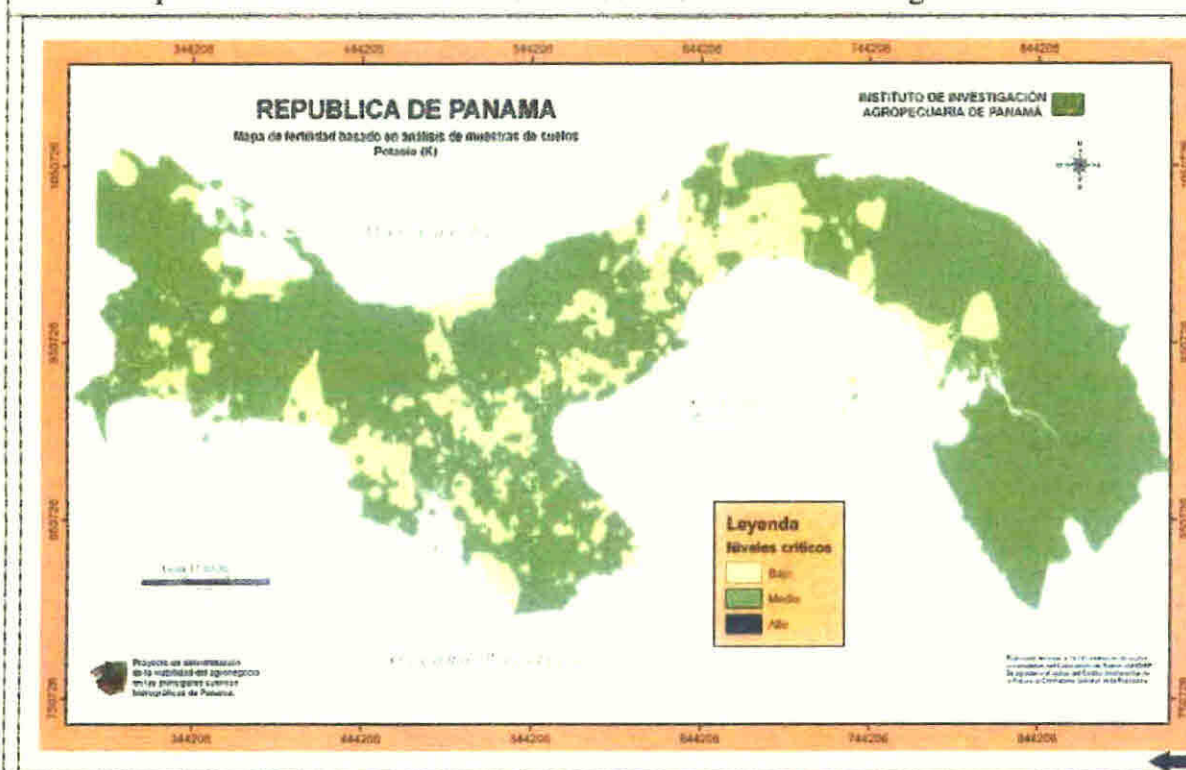
**Mapa de fertilidad basado en análisis de muestras de suelos según el pH**



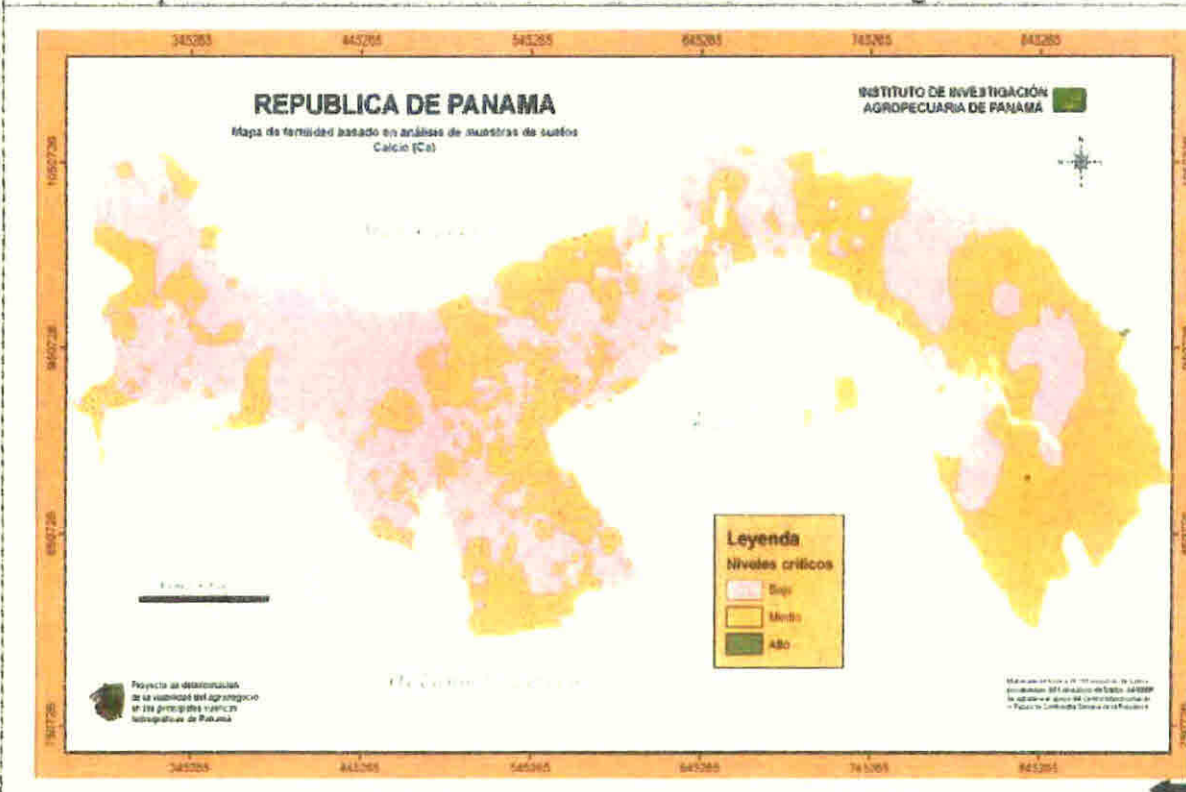
**Mapa de fertilidad basado en análisis de muestras de suelos según la saturación de Aluminio**



## Mapa de fertilidad basado en análisis de muestras de suelos según el Potasio

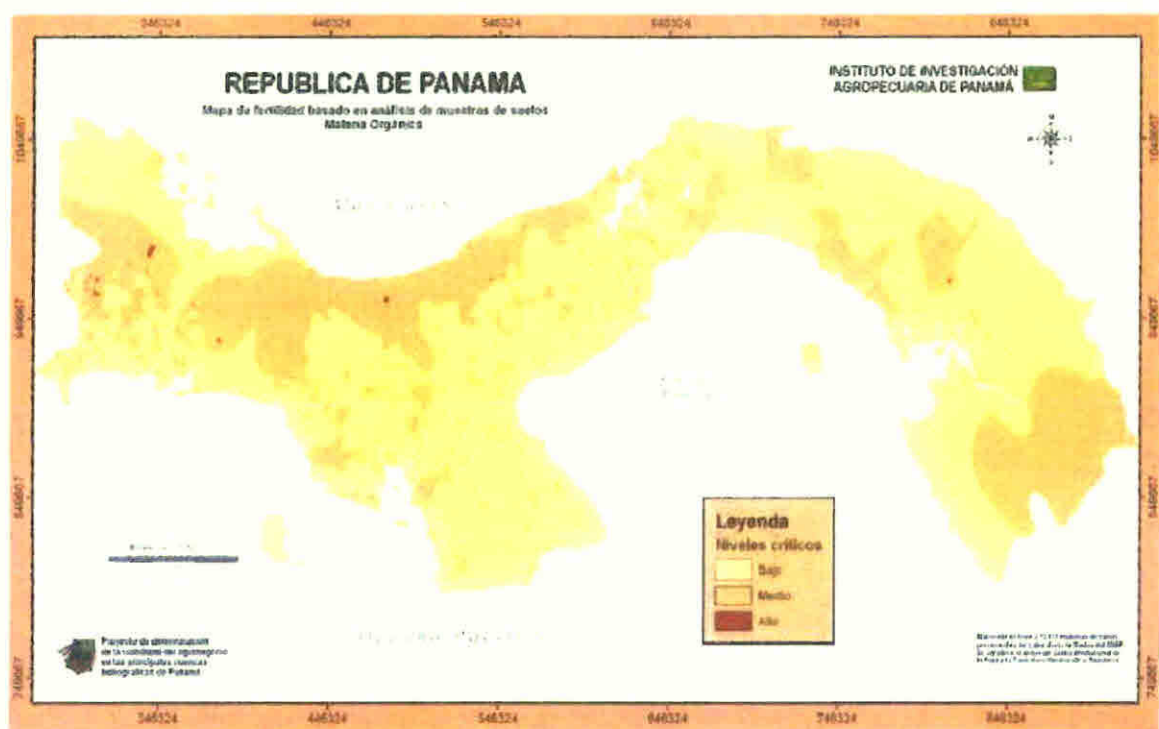


## Mapa de fertilidad basado en análisis de muestras de suelos según el Calcio





Mapa de fertilidad basado en análisis de muestras de suelos según la Materia Orgánica



Mapa de fertilidad basado en análisis de muestras de suelos según la Textura

